

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



### **“PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN- CAJAMARCA-2021”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTOR: Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTHIAN ROLANDO**

**ASESOR: Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO MIGUEL ANGEL**

\*\*\*

**CAJAMARCA-PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor, el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su apoyo en el desarrollo de la presente tesis de investigación.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos impartidos durante los años de estudio.

Finalmente, a mis familiares y amigos que me apoyaron en la realización de esta investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen de la Asunción por haberme dado fortaleza para cumplir mis objetivos y metas.

A mis padres por las infinitas enseñanzas en la vida, por su esfuerzo y por su apoyo incondicional.

A mi familia por sus consejos y apoyo en todo momento.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.3. HIPÓTESIS.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.5.1. ALCANCES.....	18
1.5.2. DELIMITACIÓN.....	19
1.6. LIMITACIONES .....	19
1.7. OBJETIVOS .....	19
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPITULOS .....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1. SISMICIDAD EN EL PERÚ.....	22
2.2.2. SISMICIDAD EN CAJAMARCA Y EN ASUNCIÓN.....	23
2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	24
2.2.4. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL.....	24
A) Modelo constitutivo del concreto.....	25

a) Modelo de Mander.....	25
B) Modelo constitutivo del acero.....	26
C) Rótulas plásticas.....	27
a) Vigas.....	27
b) Columnas.....	28
D) Patrones de Carga.....	30
2.2.5. CURVA DE CAPACIDAD.....	31
2.2.6. ESPECTRO DE CAPACIDAD.....	32
A) Representación bilineal del espectro de capacidad.....	33
2.2.7. ESPECTRO DE DEMANDA.....	35
A) Niveles de movimientos sísmicos.....	36
2.2.8. PUNTO DE DESEMPEÑO.....	37
2.2.9. ESTADOS DE DAÑO.....	39
2.2.10. CURVAS DE FRAGILIDAD.....	41
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	44
2.3.1. Análisis Estático No Lineal.....	44
2.3.2. Curva de Capacidad.....	44
2.3.3. Espectro de Capacidad.....	44
2.3.4. Espectro de Demanda.....	44
2.3.5. Punto de Desempeño.....	44
2.3.6. Estados de Daño.....	44
2.3.7. Curva de Fragilidad.....	44
2.3.8. Rótula Plástica.....	45
2.3.9. Curva Bilineal.....	45
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	46
3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	47
3.6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.7. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	47
3.8. MUESTRA .....	48
3.9. UNIDAD DE ANÁLISIS .....	48
3.10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	48
3.10.1. TÉCNICAS.....	48
3.10.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS. ....	48
3.11. PROCEDIMIENTO.....	48
3.11.1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN. ....	48
3.11.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN. ..	51
3.11.3. METRADO DE CARGAS .....	51
3.11.4. MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE ETABS.....	52
3.12. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	60
3.12.1. CURVAS DE CAPACIDAD DE LOS MÓDULOS.....	60
3.12.2. ESPECTROS DE ACELERACIONES DE LAS DEMANDAS SÍSMICAS.....	64
3.12.3. ESPECTRO DE CAPACIDAD.....	65
3.12.4. CURVA BILINEAL. ....	69
3.12.5. PUNTO DE DESEMPEÑO. ....	73
A) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO A DIRECCIÓN X.....	73
B) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO A - DIRECCIÓN X.....	75

C) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO B - DIRECCIÓN X.....	76
D) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO B - DIRECCIÓN X.....	77
E) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO A - DIRECCIÓN Y.....	78
F) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO A - DIRECCIÓN Y.....	79
G) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO B - DIRECCIÓN Y.....	79
H) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO B - DIRECCIÓN Y.....	81
3.12.6. ESTADOS DE DAÑO.....	84
3.12.7. CURVAS DE FRAGILIDAD.....	84
1. Curvas de fragilidad para el Módulo A – Bloque 1.....	84
2. Curvas de fragilidad para el Módulo A – Bloque 2.....	86
3. Curvas de fragilidad para el Módulo B – Bloque 1.....	88
4. Curvas de fragilidad para el Módulo B – Bloque 2.....	90
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	93
4.1. CORTANTE MÁXIMAY DESPLAZAMIENTO MÁXIMO OBTENIDO DE LA CURVA DE CAPACIDAD .....	93
4.2. PUNTOS DE CAPACIDAD DE CEDENCIA Y CAPACIDAD ÚLTIMA....	93
4.3. PUNTO DE DESEMPEÑO.....	93
4.4. PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO .....	94
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	96
5.1. CONCLUSIONES .....	96
5.2. RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	98

ANEXOS .....	101
ANEXOS N°01: METRADO DE CARGAS.....	101
ANEXOS N°02: CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS BILINEALES .....	110
ANEXOS N°03: PANEL FOTOGRÁFICO .....	114
ANEXOS N°04: PLANOS.....	116



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para la asignación de rótulas plásticas en vigas. ....	29
Tabla 2: Parámetros para la asignación de rótulas plásticas en columnas. ....	30
Tabla 3: Niveles de movimientos sísmicos. ....	36
Tabla 4: Parámetros para definir los niveles sísmicos. ....	36
Tabla 5: Clasificación de los estados de daños. ....	40
Tabla 6: Distribución de ambientes en cada bloque y módulo. ....	49
Tabla 7: Propiedades de los elementos estructurales en cada módulo. ....	51
Tabla 8: Parámetros sísmicos para los módulos. ....	56
Tabla 9: Resumen de la cortante máxima y del desplazamiento máximo de las curvas de capacidad. ....	64
Tabla 10: Resumen de los puntos de capacidad de última, capacidad de cedencia y ductilidad. ....	73
Tabla 11: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 1-Módulo A. ....	82
Tabla 12: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 2-Módulo A. ....	83
Tabla 13: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 1-Módulo B. ....	83
Tabla 14: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 2-Módulo B. ....	83
Tabla 15: Umbrales para los estados de daño. ....	84
Tabla 16: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo A-Bloque 1. ....	84
Tabla 17: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo A-Dirección X. ....	85
Tabla 18: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo A-Bloque 1. ....	85
Tabla 19: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo A-Dirección Y. ....	86
Tabla 20: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo A-Bloque 2. ....	86
Tabla 21: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo A-Dirección X. ....	87
Tabla 22: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo A-Bloque 2. ....	87
Tabla 23: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo A-Dirección Y. ....	88
Tabla 24: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo B-Bloque 1. ....	88
Tabla 25: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo B-Dirección X. ....	89

Tabla 26: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo B- Bloque 1.....	89
Tabla 27: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo B-Dirección Y.....	90
Tabla 28: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo B- Bloque 2.....	90
Tabla 29: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo B-Dirección X.....	91
Tabla 30: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo B- Bloque 2.....	91
Tabla 31: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo B-Dirección Y.....	92
Tabla 32: Carga muerta de la losa aligerada.....	101
Tabla 33: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo. .....	101
Tabla 34: Carga viva de la losa aligerada.....	102
Tabla 35: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo...	102
Tabla 36: Carga muerta distribuida en las vigas principales. ....	102
Tabla 37: Carga muerta distribuida en las vigas secundarias. ....	103
Tabla 38: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo. .....	104
Tabla 39: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo...	105
Tabla 40: Carga muerta distribuida en las vigas principales. ....	106
Tabla 41: Carga muerta de la losa aligerada.....	106
Tabla 42: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo. .....	107
Tabla 43: Carga viva de la losa aligerada.....	107
Tabla 44: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo...	107
Tabla 45: Carga muerta distribuida en las vigas principales. ....	108
Tabla 46: Carga muerta distribuida en las vigas secundarias. ....	108
Tabla 47: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo. .....	109
Tabla 48: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo...	109
Tabla 49: Carga muerta distribuida en las vigas principales. ....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de zonificación sísmica.....	23
Figura 2: Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado. ....	26
Figura 3: Idealización de curva completa esfuerzo vs deformación.....	27
Figura 4: Esquema de la curva de capacidad de una estructura. ....	31
Figura 5: Proceso para obtener el espectro de capacidad.....	32
Figura 6: Puntos de capacidad de cedencia y capacidad última de una estructura.....	34
Figura 7: Representación bilineal del espectro de capacidad.....	35
Figura 8: Niveles de espectro sísmico elástico de aceleraciones.....	37
Figura 9: Punto de desempeño.....	38
Figura 10: Obtención del punto de desempeño por el método de la Linealización Equivalente. .....	39
Figura 11: Definición de curvas de fragilidad en función de los estados de daño. ....	41
Figura 12: Probabilidad de daño en las curvas de fragilidad.....	43
Figura 13: Ubicación geográfica del Centro de Salud Asunción.....	46
Figura 14: Ubicación del bloque 1 y 2 en el Módulo A.....	49
Figura 15: Ubicación del bloque 1 y 2 en el Módulo B. ....	50
Figura 16: Propiedades no lineales del concreto. ....	52
Figura 17: Propiedades no lineales del acero. ....	53
Figura 18: Modelamiento en Etabs del Bloque 1-Módulo B.....	53
Figura 19: Modelamiento en Etabs del Bloque 1-Módulo A. ....	54
Figura 20: Modelamiento en Etabs del Bloque 2-Módulo B.....	54
Figura 21: Modelamiento en Etabs del Bloque 2-Módulo B.....	55
Figura 22: Espectro de pseudoaceleraciones. ....	56
Figura 23: Definición del peso sísmico.....	57
Figura 24: Definición de la carga de gravedad no lineal.....	57
Figura 25: Load Cases para el análisis estático no lineal en la dirección X e Y. ....	58
Figura 26: Definición de parámetros del caso de carga lateral no lineal (pushover).....	59
Figura 27: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 1. ....	60
Figura 28: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1. ....	60
Figura 29: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 2. ....	61
Figura 30: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2. ....	61
Figura 31: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 1. ....	62

Figura 32: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1. ....	62
Figura 33: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 2. ....	63
Figura 34: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2. ....	63
Figura 35: Espectros elásticos para cada nivel de demanda. ....	64
Figura 36: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 1. ....	65
Figura 37: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1. ....	65
Figura 38: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 2. ....	66
Figura 39: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2. ....	66
Figura 40: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 1. ....	67
Figura 41: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1. ....	67
Figura 42: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 2. ....	68
Figura 43: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2. ....	68
Figura 44: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo A-Bloque 1. ....	69
Figura 45: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1. ....	69
Figura 46: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo A-Bloque 2. ....	70
Figura 47: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2. ....	70
Figura 48: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo B-Bloque 1. ....	71
Figura 49: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1. ....	71
Figura 50: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo B-Bloque 2. ....	72
Figura 51: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2. ....	72
Figura 52: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Frecuente. ....	73
Figura 53: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Ocasional. ....	74
Figura 54: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Raro. ....	74
Figura 55: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Muy Raro. ....	75
Figura 56: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo A ante un Sismo Frecuente. ....	75
Figura 57: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Frecuente. ....	76
Figura 58: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Ocasional. ....	76

Figura 59: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Frecuente.....	77
Figura 60: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Ocasional. ....	77
Figura 61: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Frecuente.....	78
Figura 62: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Ocasional. ....	78
Figura 63: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo A ante un Sismo Frecuente.....	79
Figura 64: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Frecuente.....	80
Figura 65: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Ocasional. ....	80
Figura 66: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Frecuente.....	81
Figura 67: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Ocasional. ....	81
Figura 68: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Raro. ....	82
Figura 69: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 1-Módulo A. ....	85
Figura 70: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 1-Módulo A. ....	86
Figura 71: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 2-Módulo A. ....	87
Figura 72: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 2-Módulo A. ....	88
Figura 73: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 1-Módulo B. ....	89
Figura 74: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 1-Módulo B. F .....	90
Figura 75: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 2-Módulo B. ....	91
Figura 76: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 2-Módulo B. ....	92
Figura 77: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 1 en la dirección X. ....	110
Figura 78: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 1 en la dirección Y. ....	110
Figura 79: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección X. ....	111

Figura 80: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección Y. .....	111
Figura 81: Construcción de la curva bilineal para el Módulo B-Bloque 1 en la dirección X. .....	112
Figura 82: Construcción de la curva bilineal para el Módulo B-Bloque 1 en la dirección Y. .....	112
Figura 83: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección X. .....	113
Figura 84: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección Y. .....	113
Figura 85: Módulos A y B del Centro de Salud Asunción.....	114
Figura 86: Módulo A del Centro de Salud Asunción.....	114
Figura 87: Módulo B del Centro de Salud Asunción.....	115
Figura 88: Junta sísmica en el módulo A. ....	115

## RESUMEN

La edificación analizada es un centro de salud que se encuentra en el Perú, un país que presenta una elevada actividad sísmica, debido a que, está situado sobre el anillo de fuego del Pacífico, y es una instalación importante y/o esencial debido a la función que desempeña en el distrito de la Asunción, por tales razones, existe la necesidad de determinar su vulnerabilidad sísmica. El objetivo de esta investigación, fue determinar la probabilidad de daño sísmico que llegaría a ocurrir en los módulos A y B del Centro de Salud Asunción ante sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros. Para determinar la probabilidad de daño de los módulos A y B, en primer lugar, se hizo un análisis estático no lineal o Pushover para obtener el punto de desempeño en términos de desplazamiento espectral, luego se utilizó las ecuaciones propuestas del método RISK-UE para obtener la desviación estándar de cada estado de daño. Finalmente se utilizó una ecuación, que sigue una función de probabilidad lognormal acumulativa para generar las curvas de fragilidad y con ello obtener las probabilidades. Para el módulo A, frente a un sismo frecuente, los daños más probables fueron moderados y severos, para un sismo ocasional, los daños más probables fueron severos y completos, asimismo para un sismo raro y muy raro se obtuvo que el daño sísmico más probable es el daño completo (colapso). Para el módulo B, frente un sismo frecuente, se obtuvo que el daño sísmico más probable es el daño moderado, para un sismo ocasional, los daños más probables, fueron moderados y severos, para un sismo raro, los daños más probables fueron severos y completos, asimismo para un sismo muy raro, se obtuvo que el daño sísmico más probable es el daño completo (colapso).

**Palabras Clave:** Análisis no lineal, Punto de desempeño, Sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro, Estado de daño, Curvas de fragilidad, Probabilidad de daño.

## ABSTRACT

The building analyzed is a health center located in Perú, a country with high seismic activity, because it is located on the Pacific ring of fire, and is an important and/or essential facility due to the role it plays in the district of Asunción, for such reasons, there is a need to determine its seismic vulnerability. The objective of this research was to determine the probability of seismic damage that would occur in modules A and B of the Asunción Health Center in the event of frequent, occasional, rare and very rare earthquakes. To determine the probability of damage of modules A and B, first, a non-linear static or Pushover analysis was performed to obtain the performance point in terms of spectral displacement, then the equations proposed by the RISK-UE method were used to obtain the standard deviation of each damage state. Finally, an equation following a cumulative lognormal probability function was used to generate the fragility curves and thus obtain the probabilities. For module A, in the case of a frequent earthquake, the most probable damage was moderate and severe; for an occasional earthquake, the most probable damage was severe and complete; likewise, for a rare and very rare earthquake, the most probable seismic damage was complete damage (collapse). For module B, for a frequent earthquake, the most probable seismic damage was moderate damage; for an occasional earthquake, the most probable damage was moderate and severe; for a rare earthquake, the most probable damage was severe and complete; and for a very rare earthquake, the most probable seismic damage was complete damage (collapse).

**Keywords:** Nonlinear analysis, Performance point, Frequent, occasional, rare and very rare earthquake, Fragility curves, Damage state.



## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

La siguiente investigación determina la probabilidad de daño sísmico que llegaría a ocurrir en los módulos A y B del Centro de Salud Asunción ante un sismo frecuente, un sismo ocasional, un sismo raro y un sismo muy raro, para ello se realiza un análisis no lineal a los módulos y luego se genera las curvas de fragilidad para determinar las probabilidades.

El interés de este trabajo viene dado, porque el Perú es un país que presenta una elevada actividad sísmica debido a que está situado sobre el anillo de fuego del Pacífico, así mismo, desde el final de la construcción de los módulos, no se han tenido estudios o investigaciones sobre su vulnerabilidad, además la estructura estudiada es de gran importancia por la función que desempeña para la comunidad de la Asunción, por ello es necesario determinar su vulnerabilidad sísmica a través de curvas de fragilidad.

Teniendo conocimiento de la probabilidad de daño se pueden tomar medidas preventivas sobre este problema, para evitar pérdidas económicas, e incluso la afectación de vidas humanas, así como, proporcionar conocimiento sobre la vulnerabilidad de la edificación a los profesionales, personal que laboran en dicho centro de salud y a los pacientes, ante cualquier evento sísmico.

En virtud a lo antes mencionado, la información recolectada para elaborar esta investigación, se basa en datos objetivos, como los que se obtuvieron de los planos, por tal motivo los resultados finales de este trabajo serán confiables y podrán ser tomados como referencia por el centro de salud, para elaborar un plan de prevención contra un evento sísmico.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En muchos países incluido en el Perú, donde los daños en las edificaciones ocasionados por los sismos de gran magnitud ocurridos durante los últimos 15 años en la región Ica principalmente han mostrado la elevada vulnerabilidad sísmica del país (Saldaña, 2019).

Las edificaciones públicas y privadas son instalaciones muy importantes debido a la función que desempeñan en un lugar determinado, sobre todo, durante la atención de la emergencia asociada a un evento sísmico. Por tal razón, existe la necesidad de determinar su vulnerabilidad física y funcional (Salguera, 2015).

Por ello, en esta investigación se determinó cuál es la probabilidad del daño sísmico del módulo A y del módulo B del Centro de Salud Asunción ante diferentes eventos

sísmicos haciendo uso de las curvas de fragilidad, teniendo en cuenta su sistema estructural el cual es aporricada, las características no lineales de los materiales (concreto y acero), además que según la norma E.030 (2018) dicho centro de salud está ubicada en la zona 3 (alta sismicidad) y pertenece a edificaciones esenciales (categoría A) capaces de mantenerse operativa antes, durante y después de un sismo, y así cumplir con la filosofía que dicta la norma E.030 la cual establece que la estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños significativos para movimientos sísmico calificados como severos, además la estructura deberá resistir sin daños significativos movimientos sísmicos calificados como moderados.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la probabilidad de daño sísmico en los Módulos A y B del Centro de Salud Asunción ubicado en el distrito de Asunción, provincia de Cajamarca ante un evento sísmico?

## **1.3. HIPÓTESIS**

Los daños más probables en los módulos A y B del Centro de Salud Asunción son daños MODERADOS ante un SISMO RARO (tiempo medio de retorno 475 años y probabilidad de excedencia: 10% en 50años).

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la actualidad no se tiene conocimiento sobre la vulnerabilidad sísmica y cuál sería el daño sísmico en el Centro de Salud Asunción ante ciertos eventos sísmicos, por ello, la finalidad de este trabajo de investigación, es determinar la probabilidad de daño del Centro de Salud Asunción, considerando la ubicación geográfica, el peligro sísmico, la importancia de la edificación, las características de la estructura, propiedades de los materiales los cuales son requisitos indispensables para determinar dicha probabilidad utilizando las curvas de fragilidad.

## **1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. ALCANCES.**

- a) En el presente trabajo de investigación se aplica una metodología analítica, para generar curvas de fragilidad en el Centro de Salud Asunción, ubicado en el distrito de Asunción (zona sísmica 3), provincia de Cajamarca.

- b) Las curvas de fragilidad serán útiles para las personas que trabajan en el centro de salud y para los pacientes, de tal manera que tendrán un mejor conocimiento sobre la vulnerabilidad sísmica que tienen los módulos en estudio.
- c) Los resultados y las conclusiones de este estudio servirán como base para estudios posteriores de riesgo sísmico y posibles cambios en las normativas.

### **1.5.2. DELIMITACIÓN.**

Esta investigación solamente determina la probabilidad de daño sísmico de los módulos A y B del Centro de Salud Asunción, ubicado en el distrito de Asunción, provincia de Cajamarca.

## **1.6. LIMITACIONES**

- a) No se consideró los efectos de interacción suelo-estructura.
- b) Para las características de los materiales, no se considera ensayos de esclerometría porque la estructura aún no cumple con su período de garantía útil, es decir, con el plazo determinado para la protección de los daños causados por una mala construcción.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar la probabilidad de daño sísmico del Centro de Salud Asunción, ubicado en el distrito de Asunción, provincia de Cajamarca, ante cualquier evento sísmico, a través de Curvas de Fragilidad.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- A) Determinar la probabilidad de daño sísmico ante un Sismo Frecuente.
- B) Determinar la probabilidad de daño sísmico ante un Sismo Ocasional.
- C) Determinar la probabilidad de daño sísmico ante un Sismo Raro.
- D) Determinar la probabilidad de daño sísmico ante un Sismo Muy Raro.

## **1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS**

**CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.** Contiene el contexto y el problema (pregunta principal e hipótesis), la justificación, los alcances de la investigación y sus objetivos.

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.** Contiene antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos.

**CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.** Contiene el procedimiento, el tratamiento y análisis de datos.

**CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.** Describe, explica y discute los resultados de la investigación.

**CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

**ANEXOS**

- Medrado de cargas.
- Construcción de las curvas bilineales.
- Panel fotográfico.
- Planos.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

A continuación, presentamos algunas investigaciones internacionales, nacionales y locales que han empleado curvas de fragilidad para tener como resultado la probabilidad de daño de sísmico.

#### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

- **Salguera, G. (2015)** en su tesis de “*ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE LA REVISIÓN DE CAPACIDAD DE RESISTENCIA Y EL MÉTODO ESTÁTICO NO LINEAL, PARA EL PALACIO MUNICIPAL DE CIUDAD SANDINO, MANAGUA*” realizada en Managua, Nicaragua utiliza el método no lineal de la estructura plasmado en una curva de capacidad la cual le permite evaluar y determinar el punto de desempeño, y así estimar el estado de daño de la estructura.

Por tanto, los daños que ese obtuvieron en el espectro de capacidad, para la dirección X la estructura presenta un 35% de probabilidad de sufrir “DAÑO LEVE” y para la dirección Y la estructura presenta un 42% de sufrir “DAÑO SEVERO”.

- **Moreno, R., Bairán, J., Pujades, L., Aparicio, A. y Barbat, A. (2004)** en su artículo “*EVALUACIÓN PROBABILISTA DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS PORTICADOS DE HORMIGÓN ARMADO*” realizado en Barcelona, España describieron los procedimientos para la construcción de curvas de fragilidad para un edificio porticado de cinco pisos, a partir de un análisis estático no lineal en el cual obtuvieron los espectros de capacidad, y con los espectros de demanda obtuvieron los puntos de desempeño.

Los resultados obtenidos indican que para aceleraciones de 0.2g tienen una probabilidad de 40% de sufrir colapso debido a la baja ductilidad del edificio.

#### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

- **López, S. y Rodríguez, C. (2018)** en su tesis “*CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE FRAGILIDAD PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA*” realizado en Lima, generaron curvas de fragilidad para viviendas unifamiliares típicas de 2 y 3 pisos, a través de una técnica de simulación de Montecarlo.

Los resultados mostraron un buen desempeño sísmico. Para sismo severo (PGA=0.45g) la probabilidad de presentar daño leve es del 1%.

- **Sáenz, U. (2019)** en su tesis *“VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES ESENCIALES MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD ANALITICAS - EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ”* realizado en la ciudad de Huancayo, determinaron la vulnerabilidad sísmica del edificio administrativo de la Universidad Nacional Del Centro del Perú a través curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño mediante un análisis estático no lineal para diversos estados de daño y diferentes niveles de demanda sísmica según el ATC-40, FEMA 356.

Los resultados mostraron una probabilidad de 82.13% de alcanzar el daño moderado.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.**

- **Paredes B. (2018)** en su tesis *“PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LA I.E. 82088 LA HUAYLLA DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS – CAJAMARCA, 2018”* realizado en San Marcos hizo la evaluación del nivel de probabilidad de daños sísmico de la I.E. 82088 La Huaylla aplicando el espectro de capacidad, desempeño sísmico y matrices de probabilidad.

Los resultados obtenidos de las curvas de fragilidad mostraron que los niveles de probabilidad de daños alcanzados son altos.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. SISMICIDAD EN EL PERÚ.**

El Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2014) afirma que “la sismicidad en el territorio peruano es debido al proceso de subducción de placas y a la dinámica de cada una de las unidades tectónicas presentes en el interior del continente” (p.11).

Debido a esto el territorio nacional está dividido en cuatro zonas basadas en la distribución espacial de la sismicidad observada, características de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica (Norma Técnica E.030,2018).

Este mapa de zonas sísmicas servirá para conocer en qué zona se encuentra el distrito de la Asunción.

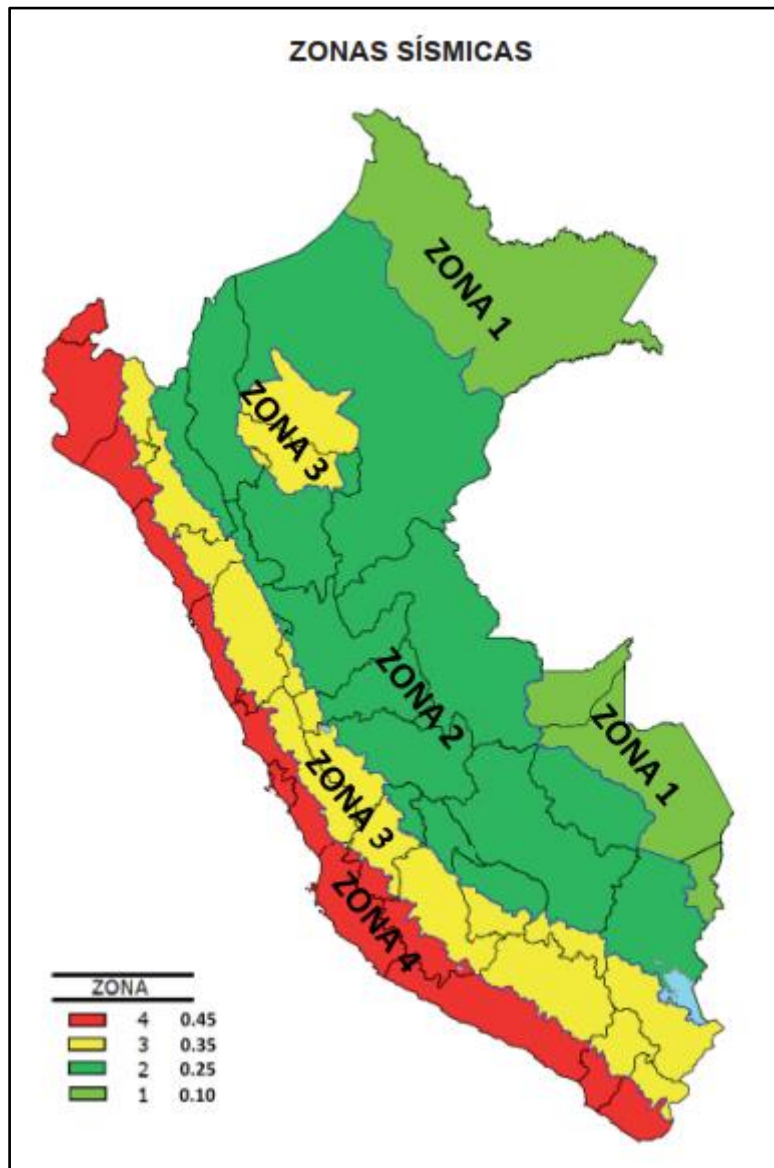


Figura 1: Mapa de zonificación sísmica.

Fuente: E.030, 2018.

### 2.2.2. SISMICIDAD EN CAJAMARCA Y EN ASUNCIÓN.

Mosqueira (como se citó en Gonzáles, 2017) manifiesta que Cajamarca debido a su formación geológica, naturaleza de suelos y presencia volcánica, existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos, cuyos efectos se amplificarían por las características del suelo.

De acuerdo al mapa de zonificación sísmica para el territorio peruano la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la ciudad de Cajamarca y el distrito de la Asunción están ubicados dentro de la zona de sismicidad III.

Además, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2005) afirma que la zona III se encuentra afectada por sismos de grado VII tomando en consideración la Escala Modificada de Mercalli, cuyas características son:

- Daño leve en estructuras especialmente diseñadas.
- Daños considerados en edificios corrientes y sólidos con colapso parcial.
- Daños grandes en estructuras de construcción pobre.
- Paredes separadas de su estructura.
- Caída de chimeneas, columnas, monumentos y paredes.

### **2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA.**

Grado de susceptibilidad de una estructura de padecer daños parciales o totales ante un movimiento sísmico de cierta intensidad, magnitud o de periodo de retorno en un sitio determinado, ocasionando pérdida de funcionalidad (Peralta, citado por Choqueza y Molluni, 2018).

### **2.2.4. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL.**

El análisis estático no lineal y el análisis dinámico no lineal son dos alternativas para encontrar la respuesta sísmica de una estructura. Pero el análisis estático no lineal usa espectros de respuestas elástica por lo cual es más sencillo que un análisis dinámico no lineal, ya que éste usa acelerogramas.

Un mecanismo para encontrar dicha respuesta sísmica frente a cargas horizontales es el análisis estático no lineal de carga incremental, llamado también Pushover Analysis (PA), el cual consiste en aplicar un patrón de cargas horizontales a la estructura e incrementar los valores de manera monotónica, es decir en un solo sentido, hasta que de acuerdo algún criterio prefijado (como la asignación y ubicación de rotulas plásticas) se considere que la estructura ha colapsado. En este análisis intervienen dos variables de control que son los desplazamientos en el último nivel de la estructura y el cortante en la base (Vargas, 2013).

Poma De La Cruz (como se citó en Sáenz, 2019), menciona que la estructura es sometida a unas fuerzas laterales incrementales aplicadas al nivel de piso hasta registrar que algunos elementos estructurales sobrepasaron su límite elástico, posteriormente la estructura es modificada por el desgaste de resistencia y pérdida de rigidez a flexión de los elementos que incursionaron en el rango elástico, para



luego incrementar y aplicar las cargas laterales hasta que otros elementos ingresan al rango inelástico. Este proceso finaliza cuando las fuerzas horizontales son incrementadas hasta que la estructura se vuelva inestable y colapse.

Bravo y Montenegro (2018) indican que para el comportamiento inelástico de los materiales se han empleado la curva de esfuerzo-deformación idealizadas tanto para el concreto y el acero. Estas curvas indican los puntos de deformación y de falla del material, los cuales han sido desarrollados a partir de los resultados de ensayos experimentales e investigaciones.

#### ***A) Modelo constitutivo del concreto.***

El modelo constitutivo del concreto permite definir el comportamiento inelástico del concreto. Es por eso que en la presente investigación se elige el modelo de Mander para definir el comportamiento inelástico del concreto, debido a que las secciones de los elementos son confinados, es aplicable para todas las secciones que puede tener un elemento estructural (rectangular, cuadrada, circular, etc.) y el programa utilizado para el análisis y modelamiento hace uso de dicho modelo (Sáenz, 2019).

##### *a) Modelo de Mander.*

Mander, Priestley & Park (1988), mencionan que este modelo considera el incremento del esfuerzo a compresión del concreto e incrementa la deformación unitaria última o de falla del concreto. El modelo tiene una curva continua que asciende hasta alcanzar la resistencia a compresión del concreto confinado  $f'_{cc}$ , prolongándose con una curva descendente hasta alcanzar la deformación última o de falla producto de la fractura del refuerzo transversal.

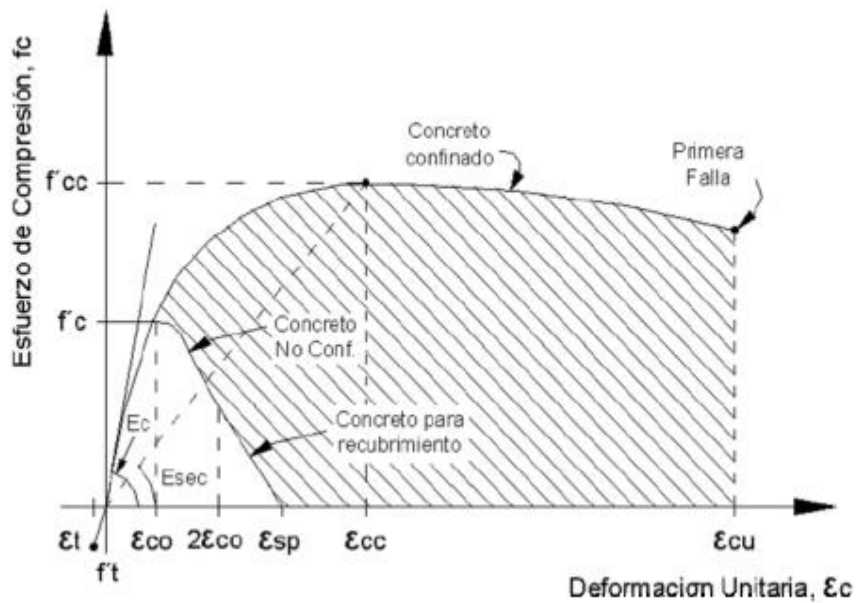


Figura 2: Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado.

Fuente: Mander, Priestley y Park, 1988.

### B) Modelo constitutivo del acero.

El modelo constitutivo permite definir el comportamiento no lineal del acero (Sáenz, 2019).

Duarte, Martínez y Santamaria (2017) afirman que “para la curva esfuerzo deformación se utilizó el modelo de Park, el cual toma en cuenta el efecto de endurecimiento del material” (p.123), es decir que considera que el material toma esfuerzos mayores al de fluencia. Se utilizará la idealización de curva completa, el cual es una idealización más exacta para curva esfuerzo-deformación, la cual necesita valores de esfuerzo y deformación del inicio de cedencia, al de endurecimiento por deformación y a la de ruptura (Park y Paulay, 1988).

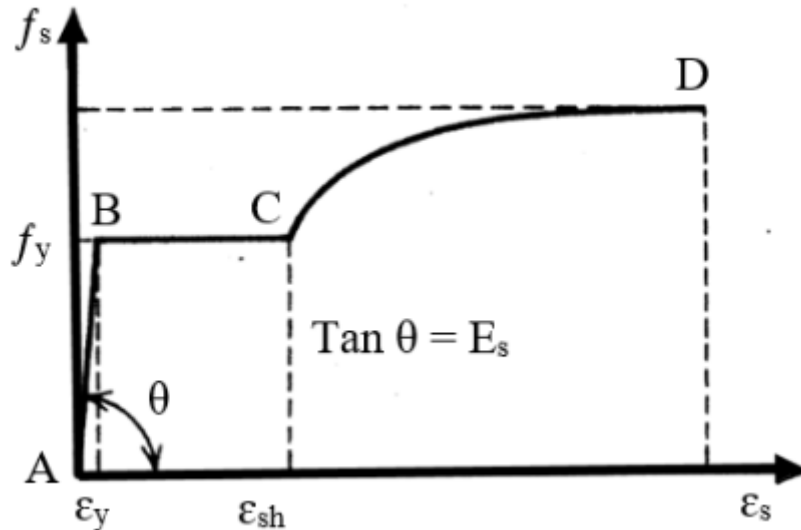


Figura 3: Idealización de curva completa esfuerzo vs deformación.

Fuente: Park y Paulay, 1988.

### C) Rótulas plásticas.

Flores (2003) indica que las rótulas plásticas se definen como aquel punto de la sección que es incapaz de resistir mayor momento a flexión y empieza únicamente a rotar, por lo que la rótula se forma en el punto donde la capacidad fue excedida.

En el siguiente trabajo de investigación, el comportamiento inelástico de las secciones de los elementos estructurales será representado por rótulas plásticas concentradas, ya que se concentra en una sola ubicación y es ideal para estructuras tridimensionales (Bravo y Montenegro, 2018).

#### a) Vigas.

Bravo y Montenegro (2018) afirman que las rótulas en las vigas tendrán una respuesta predominante a la falla por flexión (M3), es decir, la relación fuerza-deformación que los represente será del tipo momento-rotación y se ubicarán en los extremos del elemento porque son los puntos que más sufren frente a una acción sísmica.

En el siguiente trabajo de investigación las rótulas plásticas en las vigas serán asignadas durante el modelamiento de los módulos a través del software ETABS, y se usará la metodología propuesta por el ASCE 41-17 para obtener el diagrama momento-rotación para la asignación de las rótulas plásticas en las

vigas. Los parámetros se encuentran en la tabla 10-7 del ASCE 41-17 el cual se muestra en la tabla 1 de la presente investigación.

Con los valores de la cortante, ancho de la viga, peralte de la viga y resistencia a compresión del concreto se ingresa a la tabla y si es necesario se interpola para definir los valores de los criterios de aceptación.

*b) Columnas.*

Bravo y Montenegro (2018) afirman las rótulas plásticas en columnas tendrán una respuesta predominante a la falla por carga axial y flexión biaxial (P-M2-M3) es decir, la relación fuerza-deformación que los represente será del tipo momento-rotación y se ubicarán en los extremos del elemento porque son los puntos que más sufren frente a una acción sísmica.

En el siguiente trabajo de investigación las rótulas plásticas en las columnas serán asignadas durante el modelamiento de los módulos a través del software ETABS, se usará la metodología propuesta por el ASCE 41-17 para obtener el diagrama momento-rotación para la asignación de las rótulas plásticas en las columnas. Los parámetros se encuentran en la tabla 10-8 del ASCE 41-17 el cual se muestra en la tabla 2 de la presente investigación.

Tabla 1: Parámetros para la asignación de rótulas plásticas en vigas.

Table 10-7. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams

Conditions	Modeling Parameters <sup>a</sup>			Acceptance Criteria <sup>a</sup>				
	Plastic Rotation Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle (radians)				
	a	b		Performance Level				
			IO	LS	CP			
Condition i. Beams controlled by flexure <sup>b</sup>	$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Transverse reinforcement <sup>c</sup>	$\frac{V^d}{b_w d \sqrt{f'_{cE}}}$					
≤0.0	C	≤3 (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤0.0	C	≥6 (0.5)	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥0.5	C	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥0.5	C	≥6 (0.5)	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤0.0	NC	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤0.0	NC	≥6 (0.5)	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥0.5	NC	≤3 (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥0.5	NC	≥6 (0.5)	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear <sup>b</sup>								
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span <sup>b</sup>								
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam–column joint <sup>b</sup>			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

Note:  $f'_{cE}$  in lb/in.<sup>2</sup> (MPa) units.

<sup>a</sup> Values between those listed in the table should be determined by linear interpolation.

<sup>b</sup> Where more than one of conditions i, ii, iii, and iv occur for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.

<sup>c</sup> “C” and “NC” are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement, respectively. Transverse reinforcement is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops ( $V_s$ ) is at least 3/4 of the design shear. Otherwise, the transverse reinforcement is considered nonconforming.

<sup>d</sup> V is the design shear force from NSP or NDP.

Fuente: ASCE 41-17.

Tabla 2: Parámetros para la asignación de rótulas plásticas en columnas.

Table 10-8. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures-Reinforced Concrete Columns Other Than Circular with Spiral Reinforcement or Seismic Hoops as Defined in ACI 318.

Modeling Parameters	Acceptance Criteria		
	Plastic Rotation Angle (radians)		
	Performance Level		
Plastic Rotation Angles, a and b (radians)	IO	LS	CP
Residual Strength Ratio, c			
Columns not controlled by inadequate development or splicing along the clear height <sup>a</sup>			
$a = \left( 0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} + 0.63\rho_t - 0.023 \frac{V_{yE}}{V_{CoI0E}} \right) \geq 0.0$	0.15 a ≤ 0.015	0.5 b <sup>b</sup>	0.7 b <sup>b</sup>
$\text{For } \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} \leq 0.5 \left\{ b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8 A_g f'_{cE} \frac{1}{\rho_t} \frac{f'_{cE}}{f_{ytE}}}} - 0.01 \geq a^a \right.$			
$c = 0.24 - 0.4 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} \geq 0.0$			
Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height <sup>c</sup>			
$a = \begin{cases} \left( \frac{1 \rho_t f_{ytE}}{8 \rho_l f_{ylE}} \right) \geq 0.0 \\ \leq 0.025^d \end{cases}$	0.0	0.5 b	0.7 b
$b = \begin{cases} (0.012 - 0.085 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} + 12\rho_t^e) \geq 0.0 \\ \geq a \\ \leq 0.06 \end{cases}$			
$c = 0.15 + 36\rho_t \leq 0.4$			

Notes:  $\rho_t$  shall not be taken as greater than 0.0175 in any case nor greater than 0.0075 when ties are not adequately anchored in the core. Equations in the table are not valid for columns with  $\rho_t$  smaller than 0.0005.

$V_{yE}/V_{CoI0E}$  shall not be taken as less than 0.2.

$N_{UD}$  shall be the maximum compressive axial load accounting for the effects of lateral forces as described in Eq. (7-34).

Alternatively, it shall be permitted to evaluate  $N_{UD}$  based on a limit-state analysis.

<sup>a</sup> b shall be reduced linearly for  $N_{UD}/(A_g f'_{cE}) > 0.5$  from its value at for  $N_{UD}/(A_g f'_{cE}) = 0.5$  to zero at  $N_{UD}/(A_g f'_{cE}) = 0.7$  but shall not be smaller than a.

<sup>b</sup>  $N_{UD}/(A_g f'_{cE})$  shall not be taken as smaller than 0.1.

<sup>c</sup> Columns are considered to be controlled by inadequate development or splices where the calculated steel stress at the splice exceeds the steel stress specified by Eq. (10-1a) or (10-1b). Modeling parameter for columns controlled by inadequate development or splicing shall never exceed those of columns not controlled by inadequate development or splicing.

<sup>d</sup> a for columns controlled by inadequate development or splicing shall be taken as zero if the splice region is not crossed by at least two be groups over its length.

<sup>e</sup>  $\rho_t$  shall not be taken as greater than 0.0075.

Fuente: ASCE 41-17.

#### D) Patrones de Carga.

Medina y Music (2018) indican que para realizar el análisis Pushover y posteriormente graficar las curvas de capacidad se puede utilizar tres patrones de cargas:

- Patrón Modal: patrón proporcional al producto del modo de vibrar del primer modo de cada dirección multiplicada por la masa sísmica en cada piso.
- Patrón de masas: patrón proporcional a la masa sísmica de cada piso.

- c) Patrón triangular invertido: distribución de fuerzas lateral se incrementa en una proporción lineal con respecto a la altura desde la base.

En la presente investigación se utilizará el patrón de carga triangular invertido.

### 2.2.5. CURVA DE CAPACIDAD.

Vargas (2013) indica que la curva de capacidad es “La relación entre las variables de la cortante en la base y el desplazamiento en el techo de la estructura” (p.49).

Dicha curva se construye con la finalidad de observar y determinar cómo se comporta el edificio cuando ingresa al rango inelástico hasta alcanzar el colapso. También Bravo y Montenegro (2018) indican que “Ésta curva generalmente se construye para representar la respuesta del primer modo de vibración de la estructura basado en la suposición que el modo fundamental de vibración es el que predomina en la respuesta estructural” (p.55).

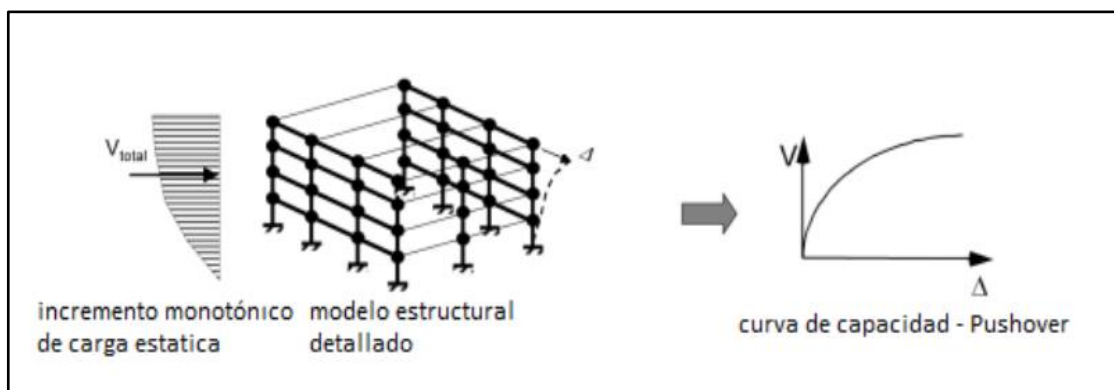


Figura 4: Esquema de la curva de capacidad de una estructura.

Fuente: Chavesta, 2019.

Para calcular dicha curva depende del modelo constitutivo de los materiales el cual nos permite definir el comportamiento inelástico de éstos.

En el caso del análisis estático incremental es común utilizar un modelo constitutivo elastoplástico, por lo que hay que definir bien los límites entre los que los materiales tiene un comportamiento lineal y no lineal. Por tanto, para las columnas es necesario obtener el diagrama de interacción entre el momento flector y la carga axial mientras que para las vigas es necesario la curva del momento flector con la curvatura (Vargas, 2013).

## 2.2.6. ESPECTRO DE CAPACIDAD.

El espectro de capacidad es la representación de la curva de capacidad en coordenadas espectrales ADRS ( $S_a$  vs  $S_d$ ) (Sáenz, 2019).

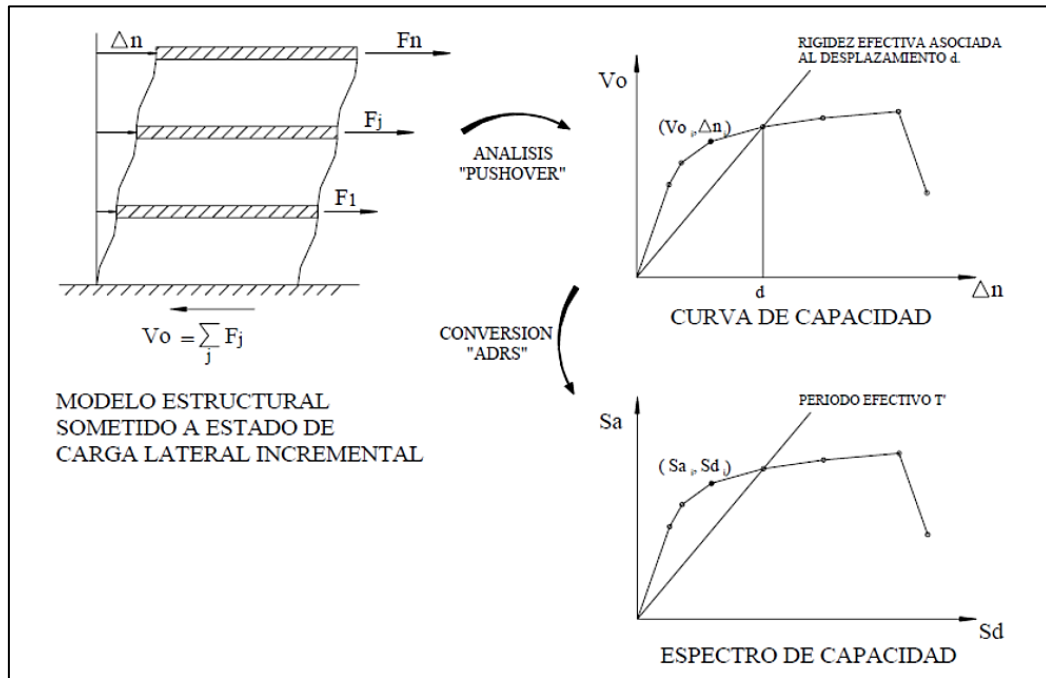


Figura 5: Proceso para obtener el espectro de capacidad.

Fuente: Sáenz, 2019.

Para transformar la curva de capacidad a espectro de capacidad se requiere determinar el coeficiente de masa efectiva y el factor de participación modal, mediante las propiedades dinámicas del primer modo de vibración. Las ecuaciones requeridas para la transformación a coordenadas ADRS son (Sáenz, 2019):

$$S_{ai} = \frac{V_i}{W * \alpha_1} \quad (2-1)$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{roof,i}}{PF_1 * \phi_{roof,1}} \quad (2-2)$$

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \left( \frac{w_i}{g} \right) \phi_{i1}}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{w_i}{g} \right) \phi_{i1}^2} \quad (2-3)$$



$$\alpha_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{w_i}{g} \right) \phi_{i1} \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{w_i}{g} \right) \phi_{i1}^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{w_i}{g} \right) \right]} \quad (2-4)$$

Donde:

Sai: Aceleración espectral.

Sdi: Desplazamiento espectral.

PF<sub>1</sub>: factor de participación modal del primer modo natural.

$\alpha_1$ : Coeficiente de masa efectiva para el primer modo natural.

$\Delta_{\text{roof}, i}$ : Desplazamiento de techo i.

W: Peso de la estructura.

V: Cortante basal.

w<sub>i</sub>: Peso del nivel i.

$\phi_{i1}$ : Amplitud del modo 1 en el nivel i.

N: Nivel N, el nivel más alto en la parte principal de la estructura.

#### **A) Representación bilineal del espectro de capacidad.**

La curva bilineal está representada por dos puntos: capacidad de cedencia ( $D_y$ ,  $A_y$ ) y capacidad última ( $D_u$ ,  $A_u$ ), las cuales representan la plastificación y colapso de la estructura, respectivamente (Vargas, 2013).

Estos puntos son importantes porque con ello determinaremos la ductilidad ( $\mu_d$ ) de la estructura y los estados de daño.

$$\mu_d = \frac{D_u}{D_y} \quad (2-5)$$

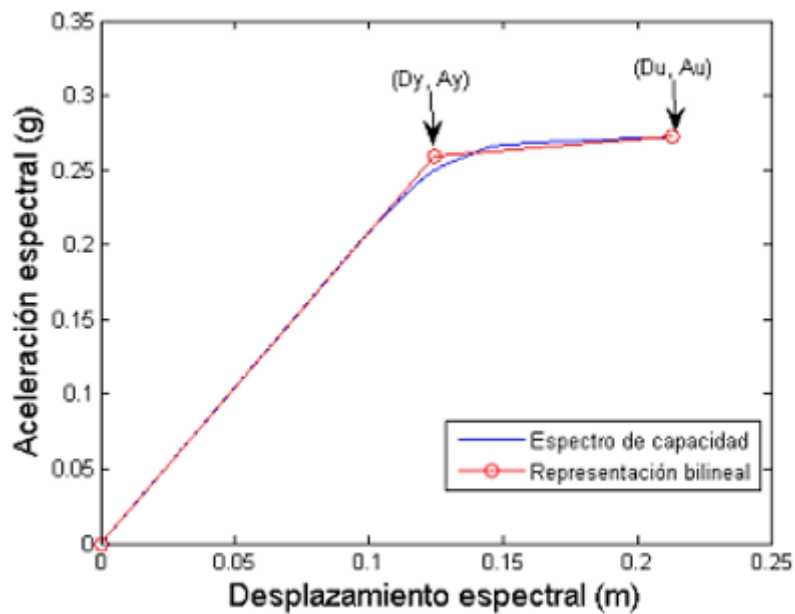


Figura 6: Puntos de capacidad de cedencia y capacidad última de una estructura.

Fuente: Vargas, 2013.

Para construir la representación bilineal del espectro de capacidad se debe seguir los siguientes pasos:

1. Dibujar una línea desde el origen en la rigidez inicial de la edificación ( $k_i$ ).
2. Dibujar una segunda línea desde el punto final del espectro de capacidad de tal manera que se intersecte con la primera línea. El objetivo es que el área  $A_1$  sea aproximadamente igual al área  $A_2$  con un error menor al 1%.

Bravo y Montenegro (2018) señalan que la intención de establecer una igualdad entre las áreas es tener igual área bajo el espectro de capacidad y su representación bilineal, es decir, tener la misma energía asociada a cada curva.

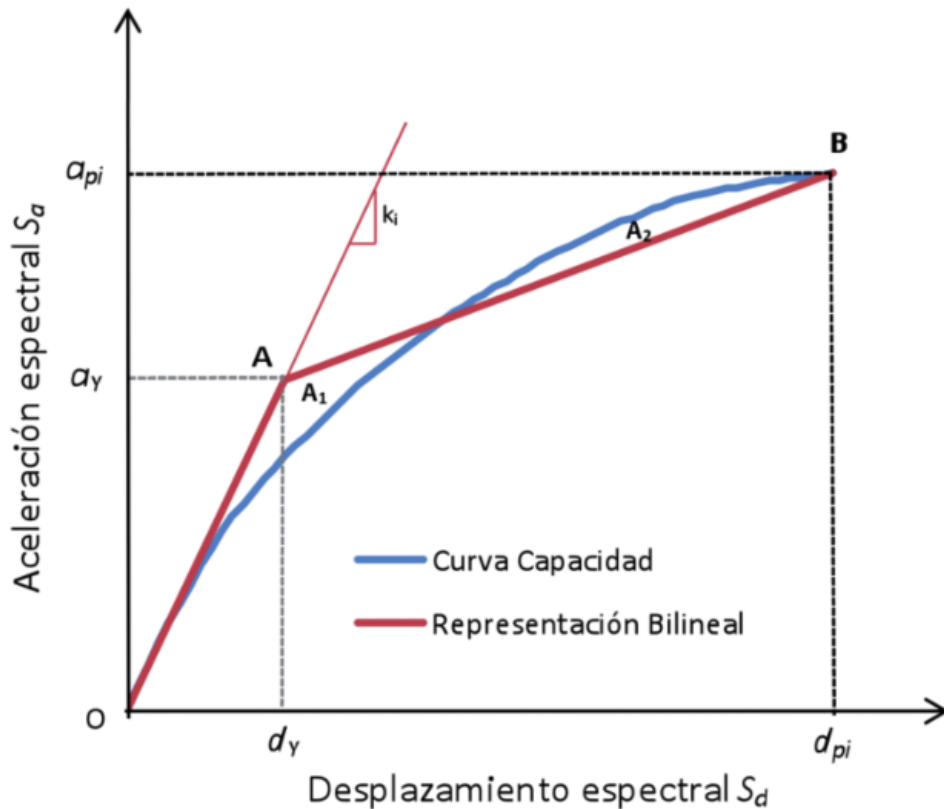


Figura 7: Representación bilineal del espectro de capacidad.

Fuente: Medina y Music. 2018.

### 2.2.7. ESPECTRO DE DEMANDA.

Para evaluar el daño sísmico de una estructura teniendo en cuenta la metodología del análisis estático no lineal de carga incremental, es necesario calcular la demanda sísmica en términos del espectro de respuesta elástica, y para evaluar el daño sísmico de una estructura teniendo en cuenta la metodología del análisis dinámico no lineal, es necesario disponer de acelerogramas (Vargas, 2013).

En el presente trabajo de investigación se realizará con el espectro de respuesta elástica con un 5% de amortiguamiento tal y como lo indica la norma E.030.

La norma E.030 “Diseño Sismorresistente” nos permite simular un sismo por medio de un espectro de respuesta de aceleraciones teniendo en cuenta ciertos parámetros como: tipo y/o características de suelo, uso de la edificación, zona sísmica y sistema estructural. Con estos datos podemos calcular espectros de demanda para diferentes niveles de movimientos sísmicos.

$$S_a = ZUCSg \quad (2-6)$$

Donde:

Z: Factor zona.

U: Factor uso.

C: Factor de amplificación sísmica.

S: Factor de amplificación del suelo.

g: Aceleración de la gravedad.

#### A) Niveles de movimientos sísmicos.

La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAO, 1995) define cuatro niveles de amenaza sísmica con los siguientes calificadores:

Tabla 3: Niveles de movimientos sísmicos.

<b>NIVEL DEL MOVIMIENTO SÍSMICO</b>	<b>PERÍODO MEDIO DE RETORNO T (años)</b>	<b>PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA</b>
<b>FRECUENTE</b>	43 años	50% en 30años
<b>OCASIONAL</b>	72 años	50% en 50años
<b>RARO</b>	475 años	10% en 50años
<b>MUY RARO</b>	970 años	100% en 10años

Nota: Realizado por SEAO (1995)

La norma E.030 “Diseño Sismorresistente” nos permite simular un Sismo Raro ya que indica que el factor Z es la aceleración máxima con una probabilidad de 10% excedida en 50 años. A través de los estudios realizados por Muñoz, Silva y Zegarra podemos calcular el espectro de aceleraciones para los demás niveles de movimiento sísmico.

Tabla 4: Parámetros para definir los niveles sísmicos.

<b>SISMO</b>	<b>NIVEL DE DEMANDA</b>
<b>Frecuente</b>	$S_{a1}=S_a/3$
<b>Ocasional</b>	$S_{a2}=1.4S_{a1}$
<b>Raro</b>	$S_{a3}=S_a$
<b>Muy raro</b>	$S_{a4}=1.3S_a$

Nota: Realizado por Muñoz, Silva y Zegarra y tomado de Paredes (2018)

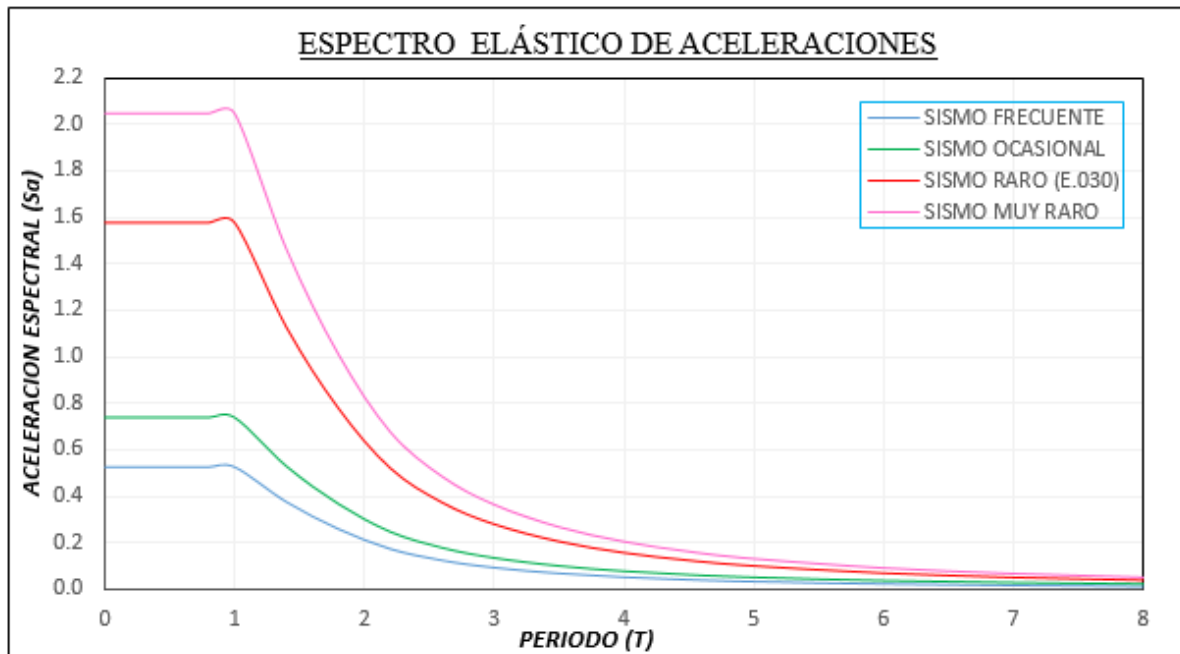


Figura 8: Niveles de espectro sísmico elástico de aceleraciones.

Fuente: Paredes, 2018.

### 2.2.8. PUNTO DE DESEMPEÑO.

El punto de desempeño es importante para el análisis de vulnerabilidad y daño sísmico. Representa el máximo desplazamiento de la estructura para un movimiento sísmico de cierta intensidad o demanda (Salguera, 2015).

Bonnet (2003) indica que la identificación de este punto permite entender mejor el comportamiento de una estructura sometida a movimientos sísmicos de diferentes intensidades y puede ser de gran ayuda para incrementar los niveles de seguridad a un bajo costo. Además, el punto de desempeño de una estructura es útil para el análisis de vulnerabilidad y daño sísmico, para el diseño de nuevas estructuras y para la rehabilitación de estructuras existentes que según el ACI 116R indica que es el proceso de la reparación o modificación de una estructura a una condición útil deseada.

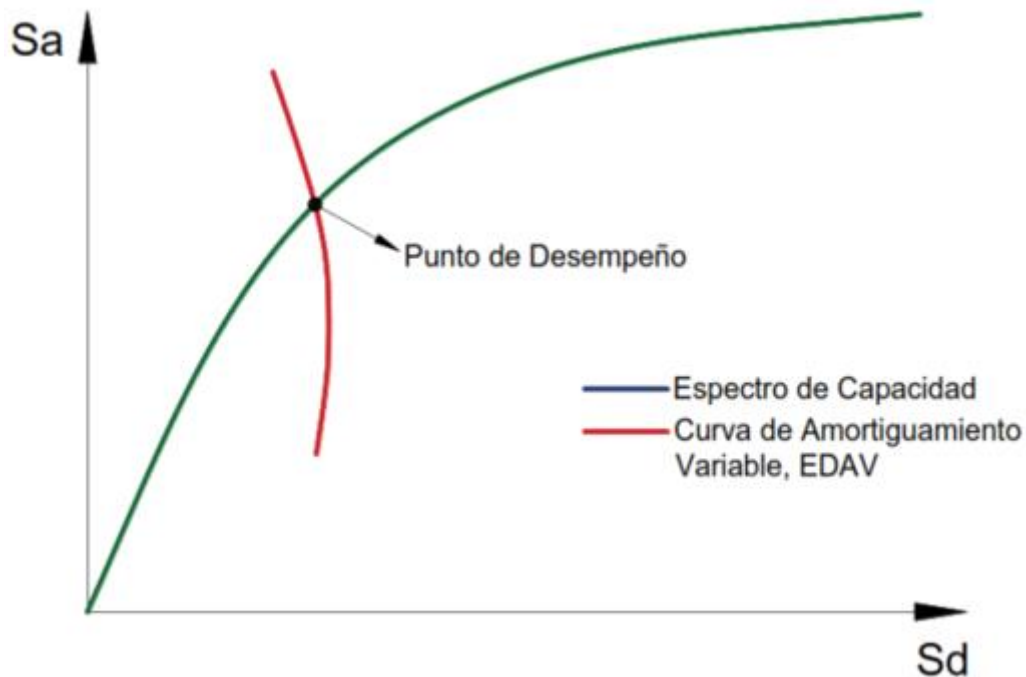


Figura 9: Punto de desempeño.

Fuente: Intor y Martos, 2017.

El FEMA 440 utiliza el método de la Linealización Equivalente (Equivalent Linearization) para determinar el punto de desempeño, el cual consiste en tener un espectro elástico y sus espectros elásticos reducidos con diferentes amortiguamientos histeréticos ( $\beta_0$ ) y con diferentes ductilidades de la estructura ( $\mu$ ). Conforme va aumentando las ductilidades ( $\mu$ ) y los amortiguamientos histeréticos ( $\beta_0$ ) el espectro se va reduciendo.

Intersecando los períodos secantes ( $T_{sec}$ ) para cada ductilidad ( $\mu=i$ ) con los espectros reducidos a cierto amortiguamiento ( $\beta_0$ ), obtenemos diferentes respuestas que son las posibles soluciones para la edificación en estudio. Al unir todas esas respuestas con el espectro de capacidad, nos brinda el punto de desempeño para un sismo determinado.

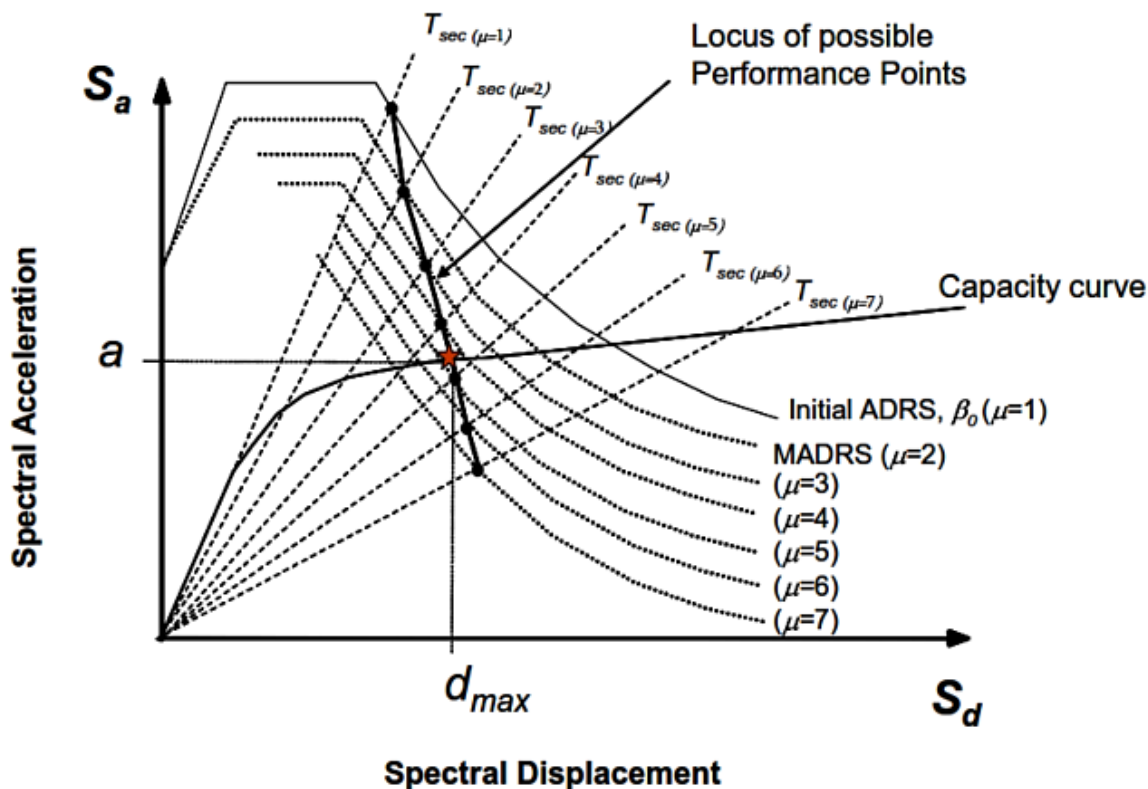


Figura 10: Obtención del punto de desempeño por el método de la Linealización Equivalente.

Fuente: ASCE 41-17

### 2.2.9. ESTADOS DE DAÑO.

Un daño es el grado de destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes y sistemas de prestación de servicios. Desde el punto de vista estructural se relaciona generalmente con deformaciones irreversibles, por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación (Bonnet, 2003).

Los estados de daños están vinculados con los umbrales de daño que nos ofrece una descripción cualitativa de la funcionalidad de la estructura y de los daños físicos que actúan en una edificación causados por un movimiento sísmico (Estela, 2019).

Medina (como se citó en López y Rodríguez, 2018), indica que hay diversas propuestas para establecer los niveles de daño en edificaciones y elementos estructurales como por ejemplo ancho de fisuras, distorsión de entrepisos, rotación en la base, etc.

A continuación, se presentan y describe los umbrales de daño utilizados para la siguiente investigación, propuesta por Park, Ang y Wen donde plantean los estados de daño de acuerdo al daño observado en la estructura después de la ocurrencia de un sismo. Estiman cinco estados de daño: sin daño, ligero, moderado, severo y colapso (Estela, 2019).

*Tabla 5: Clasificación de los estados de daños.*

<b>GRADO DE DAÑO</b>	<b>ESTADO DE DAÑO</b>
<b>Sin daño</b>	Pequeñas fisuras en concreto
<b>Ligero</b>	Grietas en varios elementos estructurales
<b>Moderado</b>	Agrietamiento severo y algunos desprendimientos de concreto
<b>Severo</b>	Aplastamiento del concreto y pandeo de refuerzo longitudinal
<b>Colapso</b>	Colapso parcial o total de la estructura

Nota: Propuesto por Park, Ang y Wen, y tomado de Estela (2019).

Para determinar los valores de los umbrales de daño basado en el desplazamiento espectral correspondiente a la capacidad de cedencia ( $D_y$ ) y capacidad última ( $D_u$ ) se usará la metodología de Lagomarsino y Penna (tomado de Moreno y Bairán, 2010).

- a) Daño leve: es definido antes de alcanzar el punto de cedencia.

$$d_{s1} = 0.7D_y \quad (2-7)$$

- b) Daño moderado: es definido en el punto de la capacidad de cedencia.

$$d_{s2} = D_y \quad (2-8)$$

- c) Daño severo: es definido después del punto de cedencia, pero no mucho más allá de este.

$$d_{s3} = D_y + 0.25(D_u - D_y) \quad (2-9)$$

- d) Daño completo: Es un daño muy fuerte donde la estructura es inhabitable pero no colapsa. Es el punto de capacidad última.

$$d_{s4} = D_u \quad (2-10)$$



## 2.2.10. CURVAS DE FRAGILIDAD.

Salguera (2015) indica que “La fragilidad sísmica de un edificio está relacionado con su vulnerabilidad sísmica y se cuantifica mediante curvas de fragilidad” (p.40).

Las curvas de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad que se alcance o exceda un estado límite de daño cuando se produce una determinada acción sísmica, definida mediante desplazamientos, velocidades o aceleraciones (Vielma, Barrios y Alfaro, 2014).

Bonnet, como se citó en López y Rodríguez (2018), alude que “(...) son una medida de la vulnerabilidad sísmica de una estructura en términos probabilistas” (p.12).

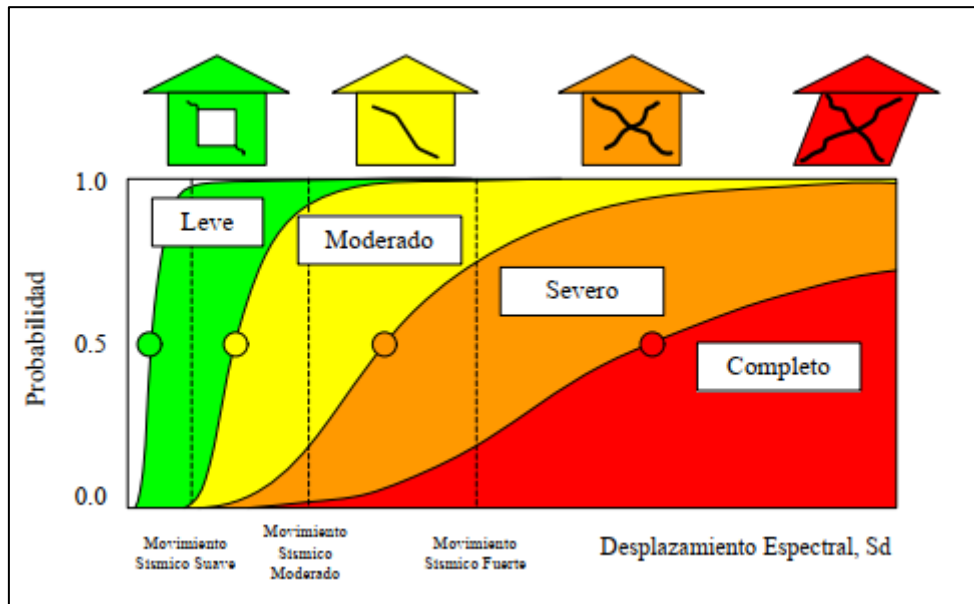


Figura 11: Definición de curvas de fragilidad en función de los estados de daño.

Fuente: Choqueza y Molluni, 2018.

Para generar las curvas de fragilidad hay diversos métodos como observaciones en campo, experimentales, analíticos y de opiniones de expertos. En este trabajo de investigación se usó el método analítico porque no disponemos de observaciones de daños debido a sismos ni de ensayos en laboratorio, para lo cual dicho método analítico considera tres hipótesis:

1. La probabilidad de que se iguale o exceda el estado de daño en los desplazamientos espectrales de los umbrales de cada estado de daño,  $d_{si}$ , es del 50%.
2. Las curvas de fragilidad siguen una función de probabilidad lognormal acumulativa descrita en la siguiente ecuación:

$$P[d_{si} / \Delta d] = \phi \left[ \frac{1}{\beta_{dsi}} \text{Ln} \left( \frac{\Delta d}{d_{si}} \right) \right] \quad (2-11)$$

Donde  $\Delta d$  es el desplazamiento,  $\beta_{dsi}$  es la desviación estándar del logaritmo natural de la variable  $d_{si}$  y  $\phi$  es la función de distribución normal estándar acumulada.

3. El daño sísmico esperado en los edificios sigue una distribución de probabilidad binomial. Por tan a partir de las hipótesis 1 y 3 se obtiene la distribución de probabilidades para los  $d_{si}$

Vargas, Pujades, Barbat y Hurtado (2013) afirman:

Una vez calculadas estas probabilidades, la hipótesis 2 permite calcular las curvas de fragilidad por medio de una técnica de mínimos cuadrados. En la figura 12 se muestra las curvas de fragilidad para los  $d_{si}$  de un edificio. En esta misma figura se muestra también como a partir de las curvas de fragilidad se puede calcular la probabilidad de ocurrencia de cada estado de daño (p.66).

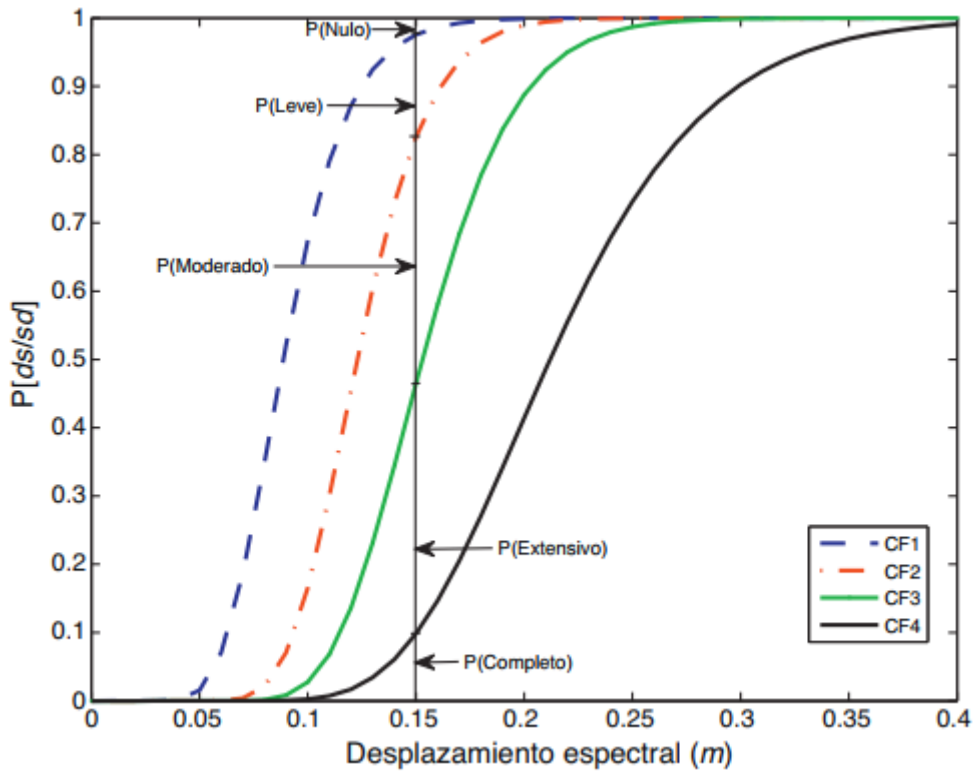


Figura 12: Probabilidad de daño en las curvas de fragilidad.

Fuente: Vargas, Pujades, Barbat y Hurtado, 2013.

Los valores de la desviación estándar de cada estado de daño ( $\beta_{dsi}$ ) se calculan teniendo en cuenta las fórmulas y enunciados del método RISK-UE el cual propone los valores de la desviación estándar en función de la última ductilidad de la estructura. Las desviaciones para cada estado de daño siguen las siguientes relaciones (Paredes, 2018):

$$\beta_{ds1} = 0.25 + 0.07 \ln(u_u) \quad (2-12)$$

$$\beta_{ds2} = 0.20 + 0.18 \ln(u_u) \quad (2-13)$$

$$\beta_{ds3} = 0.10 + 0.40 \ln(u_u) \quad (2-14)$$

$$\beta_{ds4} = 0.15 + 0.50 \ln(u_u) \quad (2-15)$$

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1. Análisis Estático No Lineal.**

Metodología que consiste en aplicar un patrón de cargas horizontales a la estructura e incrementar los valores de forma monotónicas hasta que de acuerdo algún criterio prefijado se considere que la estructura ha colapsado (Vargas, 2013).

### **2.3.2. Curva de Capacidad.**

Gráfico que tiene la finalidad de observar y determinar cómo se comporta el edificio cuando ingresa al rango inelástico hasta alcanzar el colapso. Tiene como variables a la carga lateral total y al desplazamiento en el techo de la estructura (Vargas 2013).

### **2.3.3. Espectro de Capacidad.**

Viene hacer la representación de la curva de capacidad en coordenadas espectrales ADRS ( $S_a$  vs  $S_d$ ) (Sáenz, 2019).

### **2.3.4. Espectro de Demanda.**

Espectro de respuesta utilizado para representar el movimiento del suelo en un sismo en el método de espectro de capacidad (Aguilar, 2018).

### **2.3.5. Punto de Desempeño.**

Representa el máximo desplazamiento de la estructura para un movimiento sísmico de cierta intensidad o demanda. Importante para el análisis de vulnerabilidad y daño sísmico. (Salguera, 2015).

### **2.3.6. Estados de Daño.**

Descripción cualitativa del comportamiento y de los daños físicos que actúan en una edificación o elemento estructural causados por una acción sísmica y la funcionalidad de la estructura (Estela, 2019).

### **2.3.7. Curva de Fragilidad.**

Las curvas de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad que se alcance o exceda un estado límite de daño cuando se produce una determinada acción sísmica, definida mediante desplazamientos, velocidades o aceleraciones (Vielma, Barrios y Alfaro, 2014).

### **2.3.8. Rótula Plástica.**

Punto de la sección que es incapaz de resistir mayor momento a flexión y empieza únicamente a rotar, por lo que la rótula se forma en el punto donde la capacidad fue excedida (Flores, 2003).

### **2.3.9. Curva Bilineal.**

Representada por dos puntos: capacidad de cedencia ( $A_y$ ,  $D_y$ ) y capacidad última ( $A_u$ ,  $A_y$ ), las cuales representan la plastificación y colapso de la estructura, respectivamente (Vargas, 2013).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación determinó la probabilidad de daño sísmico de los Módulos A y B del Centro de Salud Asunción, el cual está ubicado en la calle Iquitos y Cajamarca, en el distrito de la Asunción, provincia de Cajamarca, región Cajamarca, Perú a una altitud de 2206msnm.

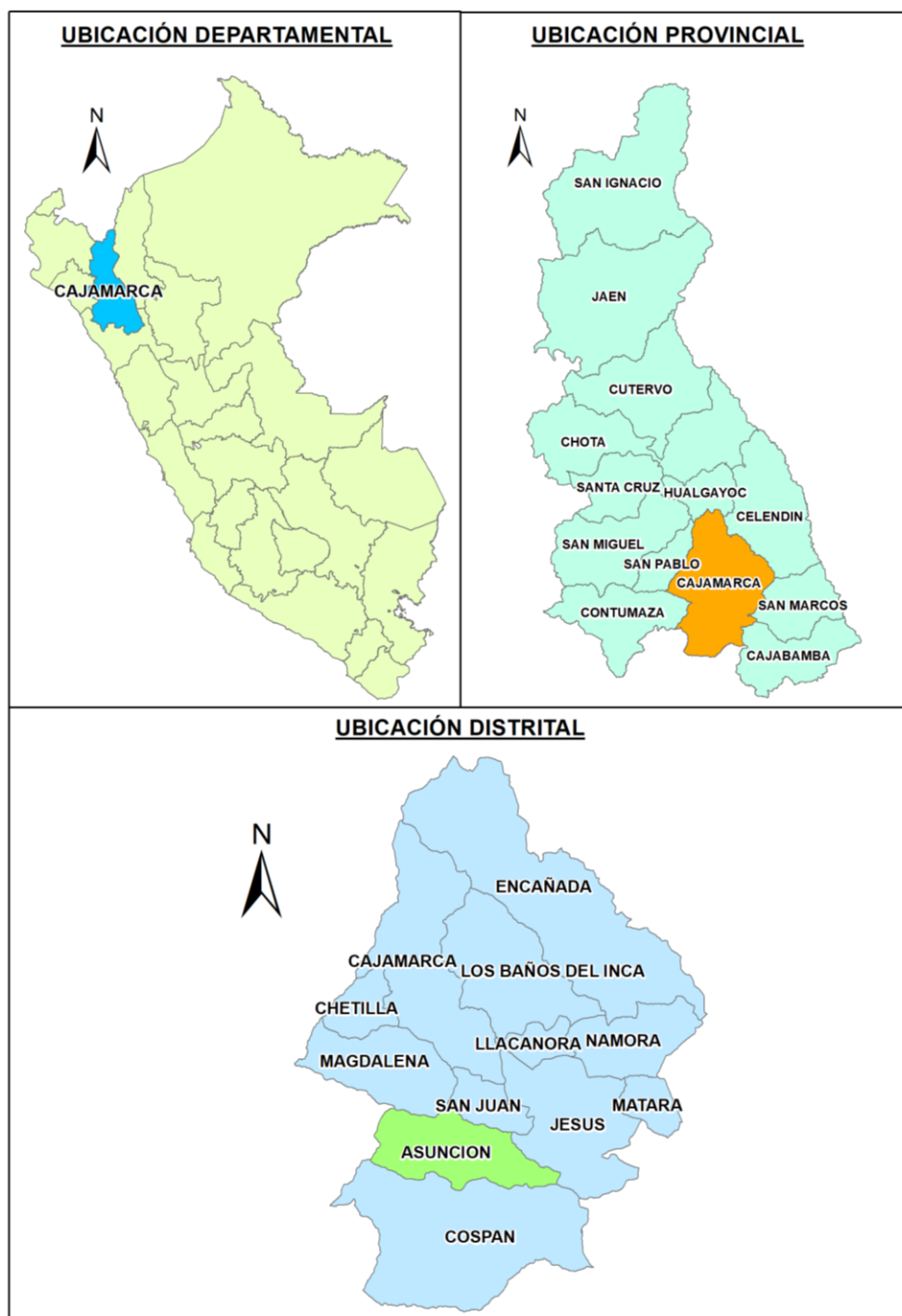
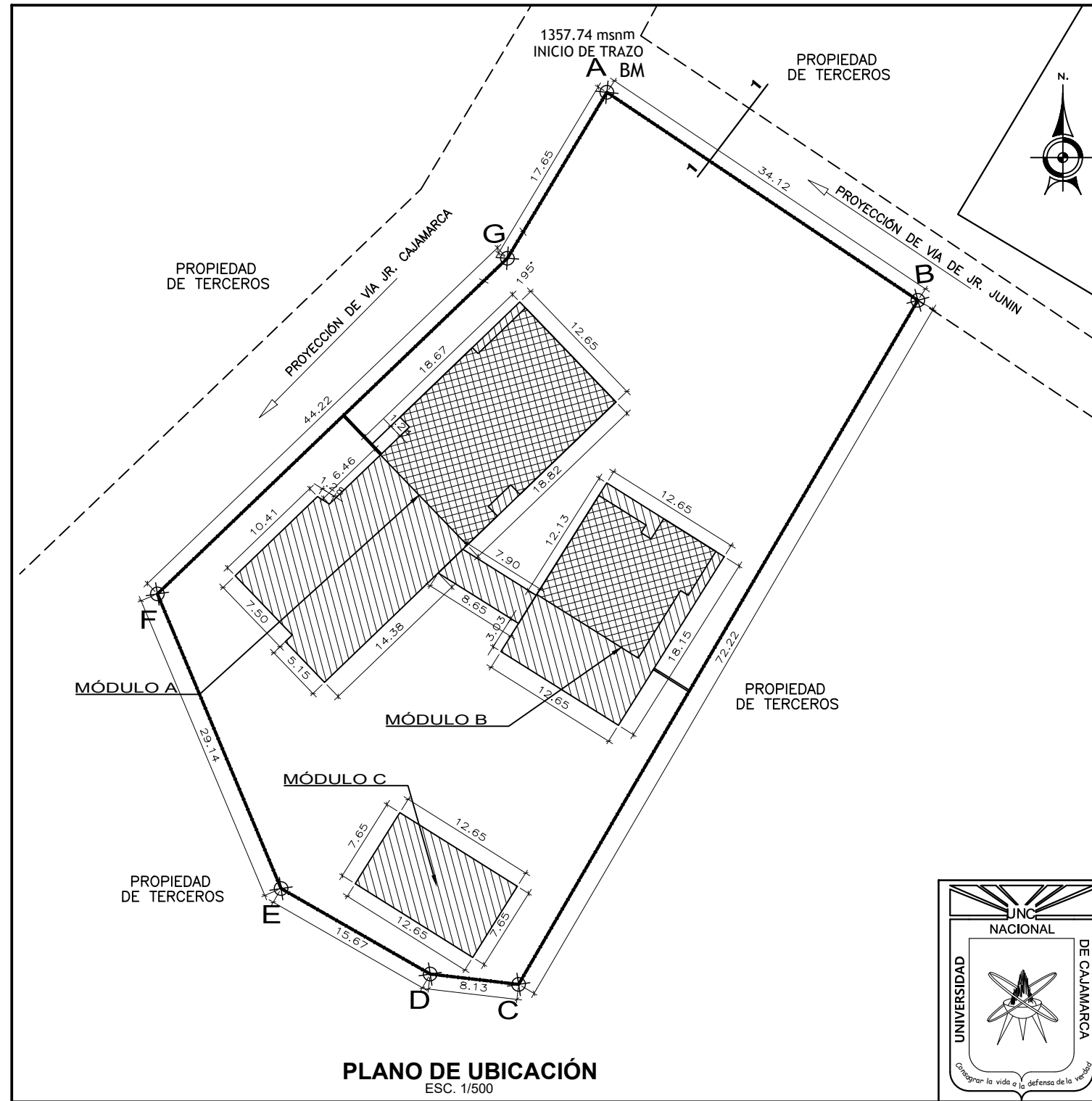


Figura 13: Ubicación geográfica del Centro de Salud Asunción. Fuente: Elaboración propia, 2021



**PLANO DE UBICACIÓN**  
 ESC. 1/500

**PLANO DE LOCALIZACIÓN**



ESC. 1/5000

**Región: Cajamarca**  
**Provincia: Cajamarca**  
**Distrito: La Asunción**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA				
PROYECTO: <b>PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021</b>				
PLANO: <b>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>				
REGIÓN: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: ASUNCIÓN	FECHA: ABRIL 2022	LAMINA N°: <b>U-01</b>
TESISTA: Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTHIAN R.			ESCALA: INDICADA	

### **3.2.ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se realizó en el año 2021 desde el mes de agosto hasta el mes de enero del año 2022, de acuerdo a lo planificado en el proyecto de tesis. Cabe agregar que en dicho período de tiempo se destinó para el estudio del expediente técnico, a visitar el centro de salud, a la realización del modelo, al procesamiento de resultados y la elaboración del informe final.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las características de una investigación CUANTITATIVA, porque se recopiló datos de los planos de la edificación y se hizo uso de fórmulas matemáticas y estadísticas para determinar la probabilidad de daño sísmico y llegar a una conclusión.

### **3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Por el nivel de investigación, el presente estudio reúne las características de una investigación DESCRIPTIVA, porque se describió e interpretó los daños probables presentará la edificación ante un cierto sismo.

### **3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Por el diseño de investigación, el presente estudio reúne las características de una investigación NO EXPERIMENTAL, porque se analizó la edificación tal como está en la actualidad. Además, reúne las características de un diseño TRANSVERSAL, ya que la recolección de datos e información fue en un solo momento.

### **3.6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Para efectos de realizar la presente investigación se empleó el método ANALÍTICO, puesto que se individualizó en partes la estructura investigada, en este caso el Centro de Salud de Asunción en módulos A y B, los que a su vez se subclasificaron en dos bloques (Bloque 1 y Bloque 2) para dividir cada módulo en función al número de pisos y así obtener como resultado la probabilidad de daño sísmico.

### **3.7. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población para el siguiente trabajo de investigación fueron todos las postas o centros de salud que existen en los distritos de la provincia de Cajamarca.



### **3.8. MUESTRA**

La muestra para el siguiente trabajo de investigación estuvo integrada por el Centro de Salud Asunción, ubicado en el distrito de Asunción. Dicho centro de salud consta de tres módulos: módulo A, módulo B y módulo C.

### **3.9. UNIDAD DE ANÁLISIS**

La unidad de análisis para el siguiente trabajo de investigación son los módulos A y B del Centro de Salud Asunción.

### **3.10. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.10.1. TÉCNICAS.**

Análisis documental.

En el presente trabajo se recurrió a diferentes fuentes y/o documentos de Ingeniería tales como, la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2018 para realizar el análisis estructural y graficar los espectros de demanda sísmica, otro de los documentos que se revisó son los publicados por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) con la finalidad de tener en cuenta los sismos propuestos.

#### **3.10.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.**

Para el análisis e interpretación de datos se utilizará software como Etabs para realizar el análisis estático no lineal, además de hojas de cálculo en Excel para generar las curvas de fragilidad.

### **3.11. PROCEDIMIENTO**

#### **3.11.1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.**

La estructura analizada corresponde al Centro de Salud de la Asunción, la cual fue construida en el año 2013. Está conformado por tres módulos, pero en esta investigación solo abarca el estudio del Módulo A y Módulo B ya que tienen los ambientes más importantes como las unidades administrativas, unidades de consulta externa y ayuda al diagnóstico, sala de espera, unidad complementaria de residencia, unidad de control obstétrico y los servicios higiénicos.

Tabla 6: Distribución de ambientes en cada bloque y módulo.

MÓDULOS	BLOQUES	AMBIENTES
Módulo A	Bloque 1	Jefatura, secretaria, contabilidad, servicios higiénicos, SUM, gineco-obstetricia, odontología, CRED, inmunizaciones, medicina, triaje
	Bloque 2	Sala de espera, archivos de historia clínica, sala de observaciones, tóxico, farmacia, recepción de muestras, laboratorio, toma de muestras, depósito
Módulo B	Bloque 1	Dormitorios, sala, comedor, cocineta, patio de servicio, servicios higiénicos, sala y preparación de partos, puerperio
	Bloque 2	Neonatología, esterilización, servicios higiénicos, limpieza

Autoría propia.

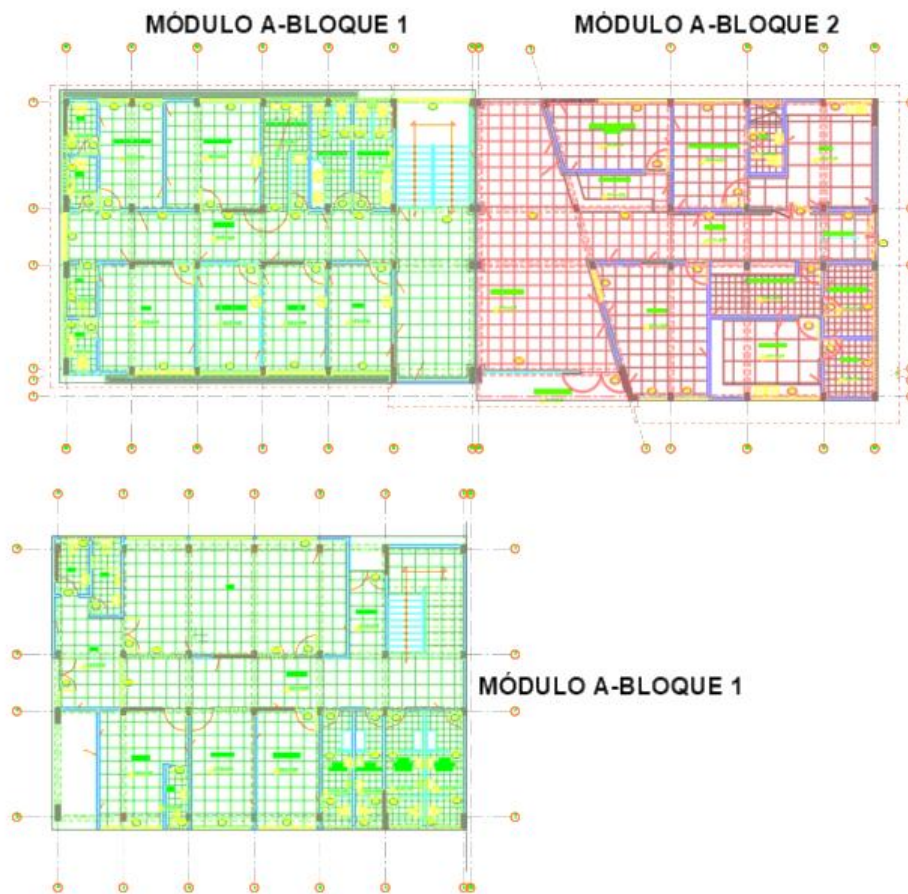
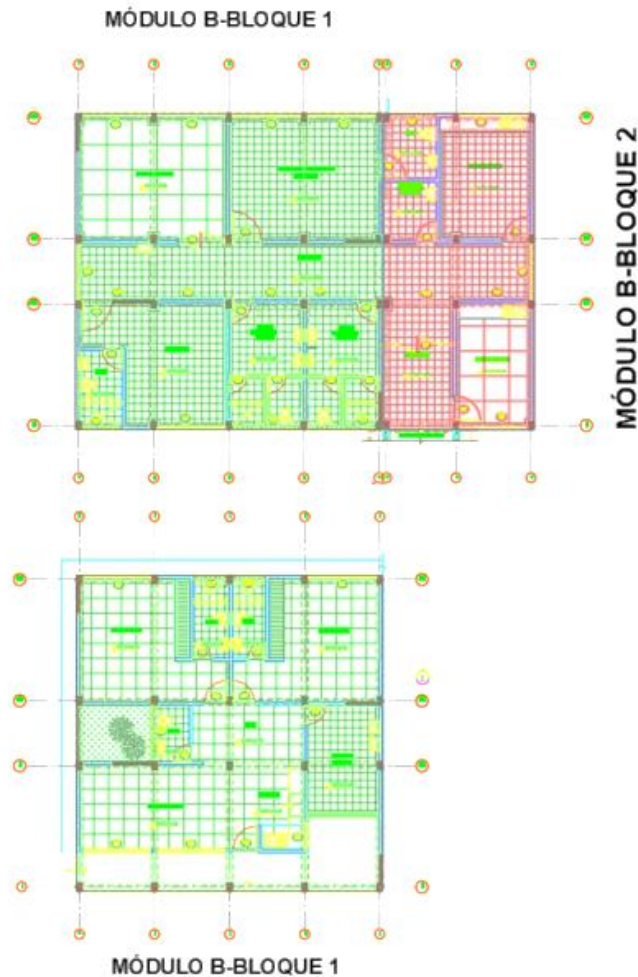


Figura 14: Ubicación del bloque 1 y 2 en el Módulo A.

Fuente: Elaboración propia, 2021



*Figura 15:* Ubicación del bloque 1 y 2 en el Módulo B.

*Fuente:* Elaboración propia, 2021

En los módulos A y B se ha considerado un muro de contención a fin de salvar la diferencia de nivel existente entre bloques de cada módulo. Por lo que el módulo A se ha dividido en el Bloque 1 el cual consta de dos niveles y el Bloque 2 consta de un solo nivel, y el módulo B se ha dividido en el Bloque 1 el cual consta de dos niveles y el Bloque 2 consta de un solo nivel.

Los muros y tabiques de albañilería son de ladrillo King Kong 18 huecos en toda la estructura, los entrepisos están constituidos por losas aligeradas armadas en una dirección de 20cm de espesor, los techos están formado por una cubierta de teja andina.

### 3.11.2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN.

A continuación, se presenta las propiedades más importantes del concreto y acero para los elementos estructurales de cada módulo, lo cual es de suma importancia para el modelamiento de los módulos. Es importante aclarar que los datos han sido obtenidos del expediente técnico proporcionado por la Municipalidad Distrital de la Asunción.

*Tabla 7: Propiedades de los elementos estructurales en cada módulo.*

PROPIEDADES	MÓDULO A	MÓDULO B
Resistencia a la compresión en columnas, vigas y losa aligerada ( $f'c$ )	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto en columnas, vigas y losa aligerada (E)	217370.65112 kg/cm <sup>2</sup>	217370.65112 kg/cm <sup>2</sup>
Recubrimiento en columnas y vigas	4 cm	4 cm
Esfuerzo de fluencia del acero ( $f_y$ )	4200 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario del concreto	2400 kg/m <sup>2</sup>	2400 kg/m <sup>2</sup>
Peso unitario del acero	7800 kg/m <sup>2</sup>	7800 kg/m <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero	2000000 kg/cm <sup>2</sup>	2000000 kg/cm <sup>2</sup>

Autoría propia.

### 3.11.3. METRADO DE CARGAS

Para el metrado de cargas de los módulos se han considerado las cargas vivas las que se obtuvieron del expediente técnico y de la norma E.020 (Cargas) y las cargas muertas. El metrado de cargas se presenta en el Anexo N°01.

### 3.11.4. MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE ETABS.

Para llevar a cabo el análisis no lineal estático, es necesario conocer e ingresar al modelo las características no lineales como el material, la sección y la cantidad de acero de refuerzo.

Este es el procedimiento que se siguió para el modelamiento y el análisis no lineal estático en el Módulo A-Bloque 1, lo cual también sirvió para los demás módulos y/o bloques.

1. Definimos la geometría (grillas y pisos).
2. Definimos los materiales (concreto y acero), asignando su módulo de elasticidad, peso específico, resistencia a la compresión ( $f'_c$ ), límite de fluencia del acero ( $f_y$ ) y todas las demás propiedades lineales que nos brinda el expediente técnico.
3. Definimos las propiedades del comportamiento no lineal de los materiales en la opción *Nonlineal material data*.
  - Se usará el modelo de Mander para concreto confinado y no confinado.

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

Figura 16: Propiedades no lineales del concreto.

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Se usará el modelo Park para el acero de refuerzo.

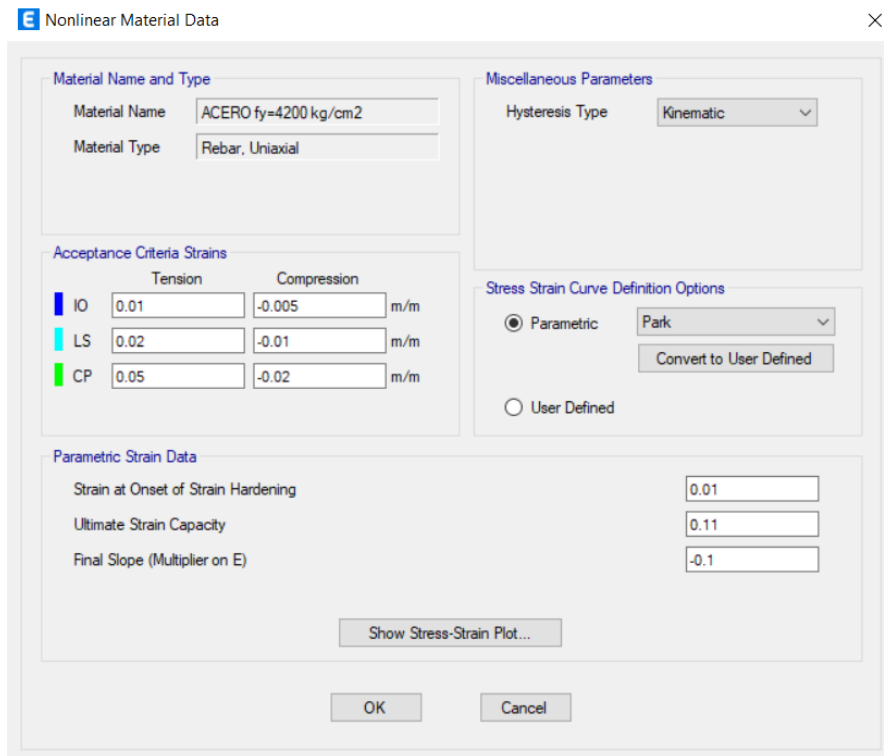


Figura 17: Propiedades no lineales del acero.

Fuente: Elaboración propia, 2021

4. Creamos las secciones frames indicando su sección y la cantidad de acero, y las secciones Shell.
5. Dibujamos la estructura, asignamos las restricciones en la base (empotramiento) y diafragma rígido.

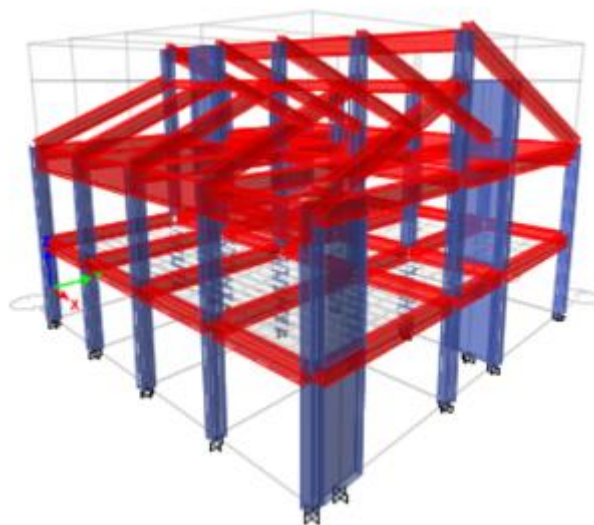
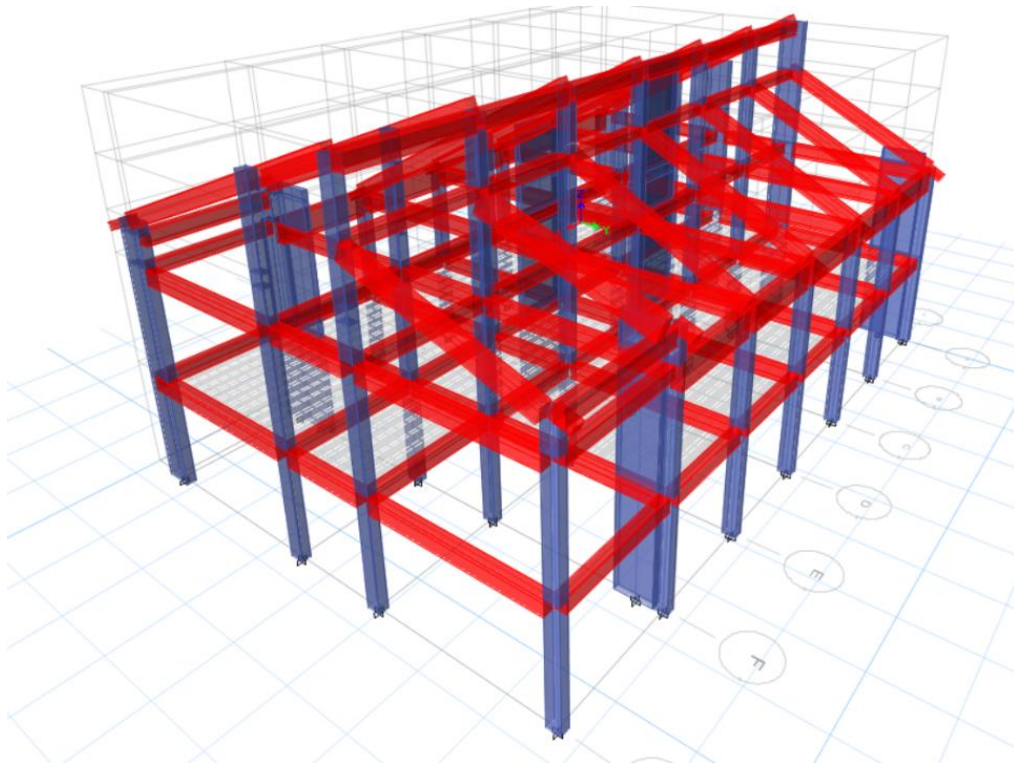


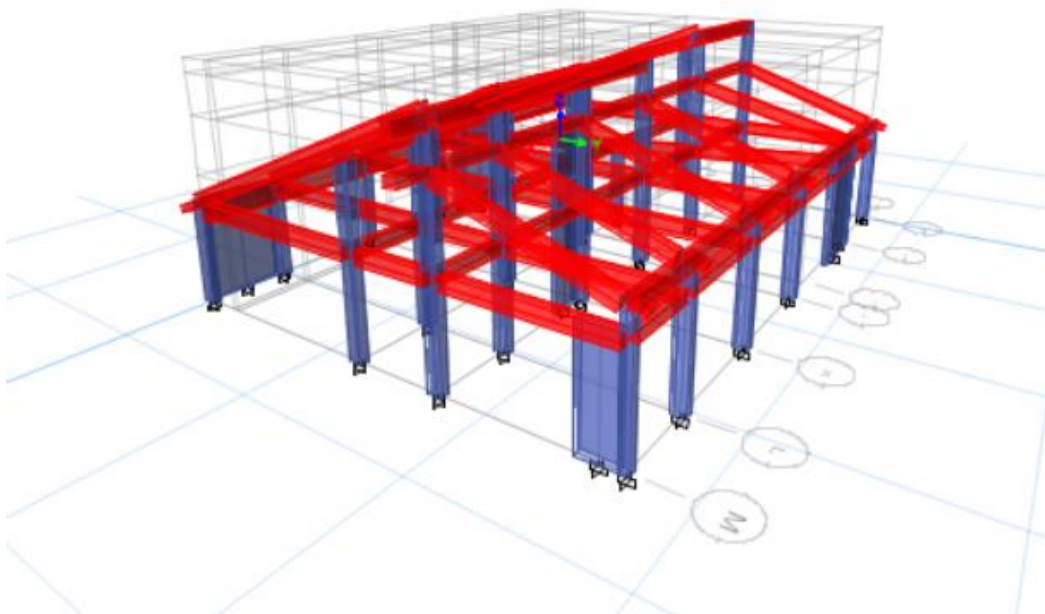
Figura 18: Modelamiento en Etabs del Bloque 1-Módulo B.

Fuente: Elaboración propia, 2021



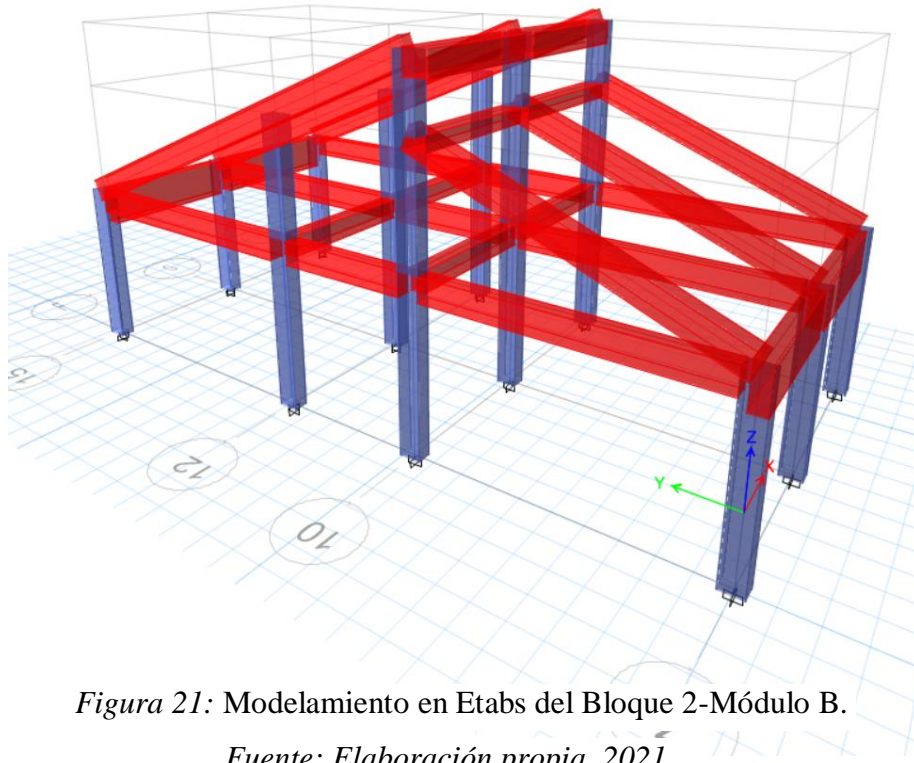
*Figura 19: Modelamiento en Etabs del Bloque 1-Módulo A.*

*Fuente: Elaboración propia, 2021*



*Figura 20: Modelamiento en Etabs del Bloque 2-Módulo B.*

*Fuente: Elaboración propia, 2021*



*Figura 21: Modelamiento en Etabs del Bloque 2-Módulo B.*

*Fuente: Elaboración propia, 2021*

6. Creamos load patterns: peso propio, carga viva (CV), carga muerta (CM), pushover Ex, y pushover Ey.
7. Asignamos las cargas muertas y cargas vivas proveniente del metrado de cargas que actúan sobre la losa aligerada, las vigas principales y las vigas secundarias en todas las plantas de la estructura.
8. Realizamos el espectro de pseudoaceleraciones según los parámetros sísmicos presentes en el expediente técnico.



Tabla 8: Parámetros sísmicos para los módulos.

PARÁMETROS		VALOR	DESCRIPCIÓN
Factor Zona	<b>Z</b>	0.35	Asunción-Zona 3
Factor de Amplificación del Suelo	<b>S</b>	1.2	Suelos blandos-Tipo S3
Factor de Amplificación Sísmica	<b>C</b>	$2.5(T_p/T)$	Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo
Factor de Uso	<b>U</b>	1.5	Edificación categoría "A" (Esencial)
Factor de reducción de fuerza sísmica	<b>R</b>	7	Sistema estructural: Dual
Aceleración espectral	<b>Sa</b>	(ZUCS/R) g	Espectro inelástico
Aceleración espectral	<b>Sa</b>	(ZUCS) g	Espectro elástico

Nota: Estos valores se obtuvieron del expediente técnico.

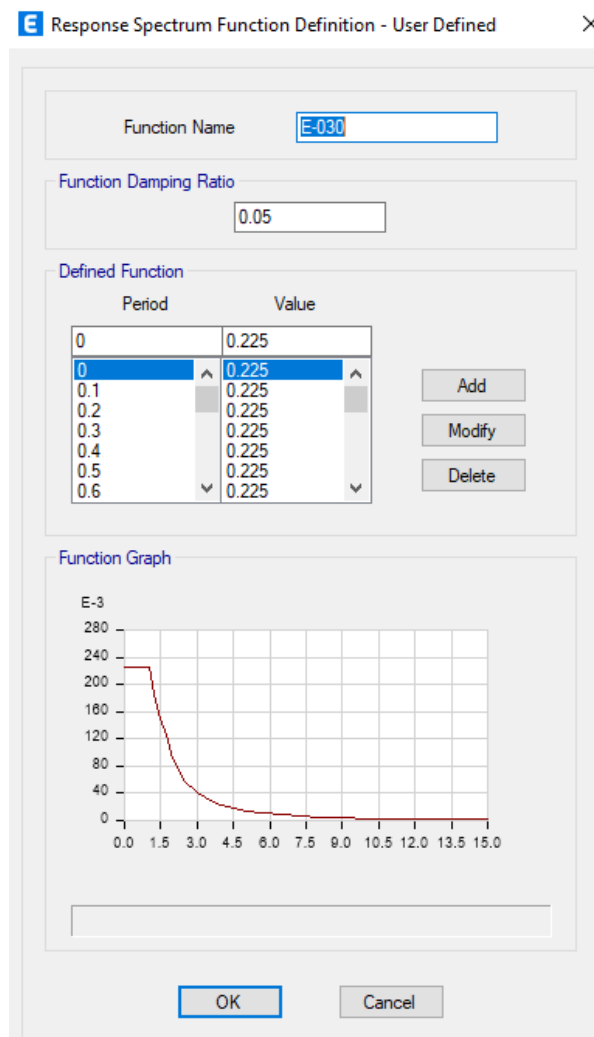


Figura 22: Espectro de pseudoaceleraciones.

Fuente: Elaboración propia, 2021

9. Asignamos el patrón triangular de invertido de cargas pushover en la dirección X como en Y.
10. Definimos el peso sísmico, la cual la norma E.030 indica que es el 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva para edificaciones de la categoría A.

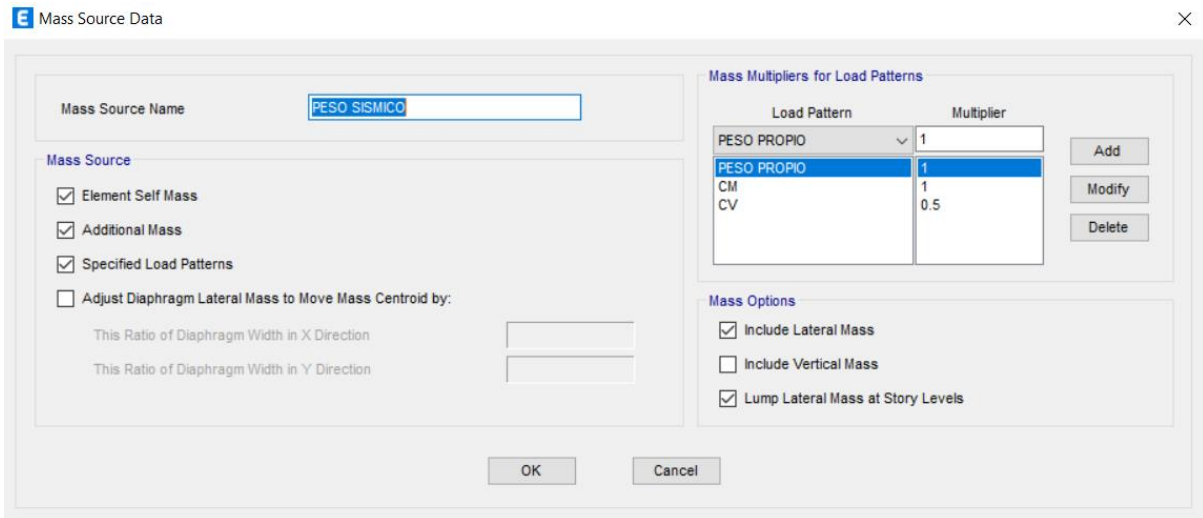


Figura 23: Definición del peso sísmico. Fuente: Elaboración propia, 2021

11. Creamos el load case CGNL que es la carga gravitacional no lineal y el FEMA 356 da la pauta para utilizar factores multiplicadores de 1.1 para cargas muertas y 0.50 para cargas vivas, por tratarse de una edificación esencial.

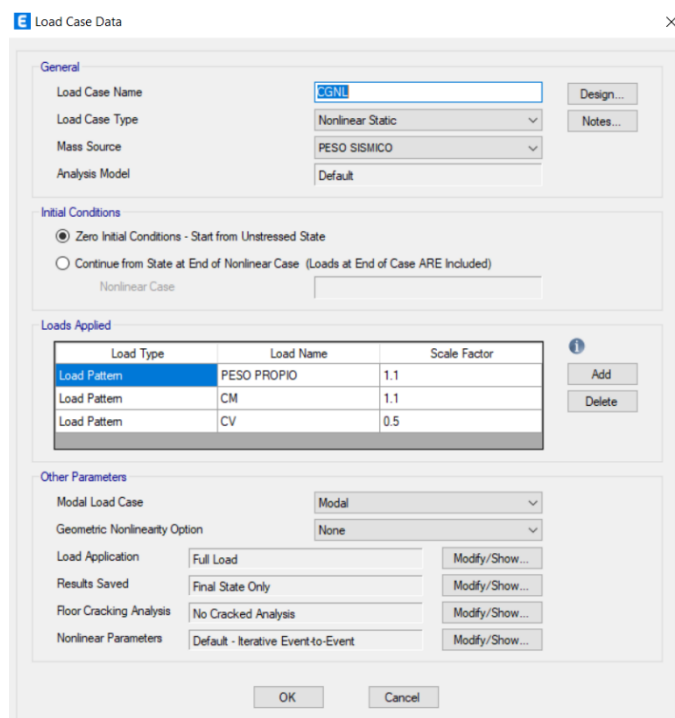


Figura 24: Definición de la carga de gravedad no lineal.

Fuente: Elaboración propia, 2021

12. Creamos el load case AENL-X y AENL-Y (análisis estático no lineal).

Load Case Data

**General**

Load Case Name: AENL-X

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: PESO SISMICO

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	PUSHOVER EX	1

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event

OK Cancel

Figura 25: Load Cases para el análisis estático no lineal en la dirección X e Y.

Fuente: Elaboración propia, 2021

En ello debemos colocar un nodo de control del último nivel, el más cercano al centro de masa del último nivel para edificaciones modeladas en 3D, también debemos colocar un desplazamiento de control =  $0.04 \cdot \text{altura del edificio} = 0.30$  metros obtenido con los métodos lineales.

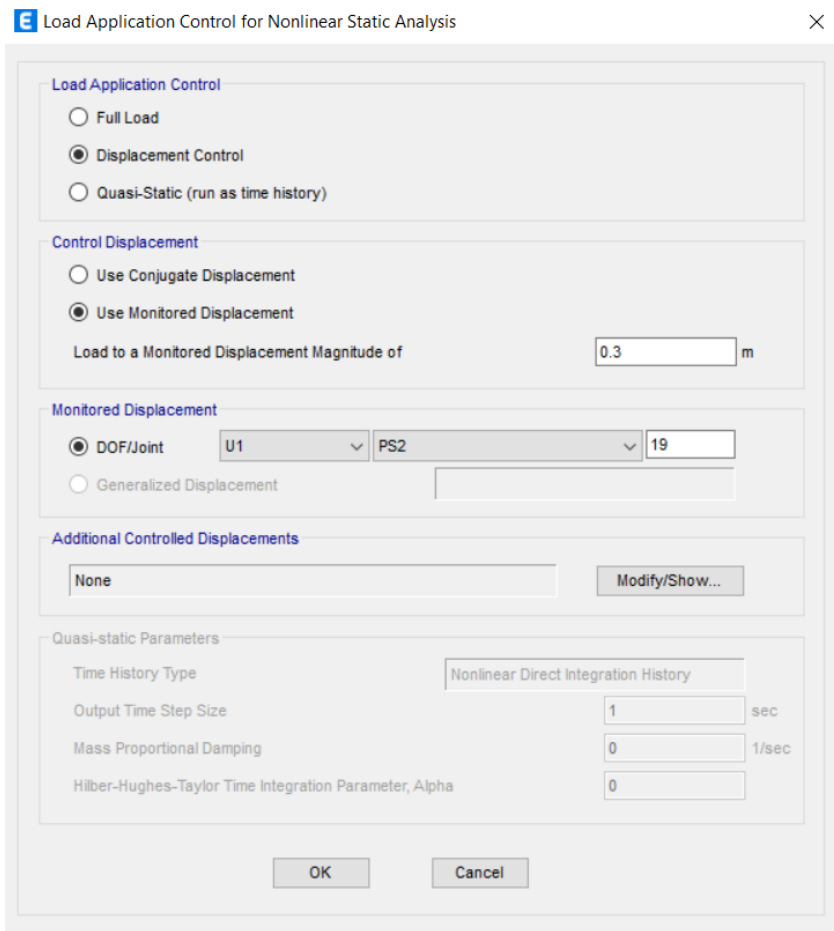


Figura 26: Definición de parámetros del caso de carga lateral no lineal (pushover).

Fuente: Elaboración propia, 2021

13. Asignamos las rótulas plásticas de forma automática (0.05 y 0.95 de distancia relativas) para vigas usar M3, para columnas P-M2-M3. Usar en ambos casos las tablas del ASCE-41-17.
14. RUN, para obtener la curva de capacidad en la dirección X e Y.

### 3.12. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.12.1. CURVAS DE CAPACIDAD DE LOS MÓDULOS.

Efectuando el análisis pushover para cada uno de los bloques de los módulos A y B del Centro de Salud Asunción, en cada dirección de análisis se obtuvieron las siguientes curvas de capacidad.

A) Curvas de Capacidad del Módulo A - Bloque 1:

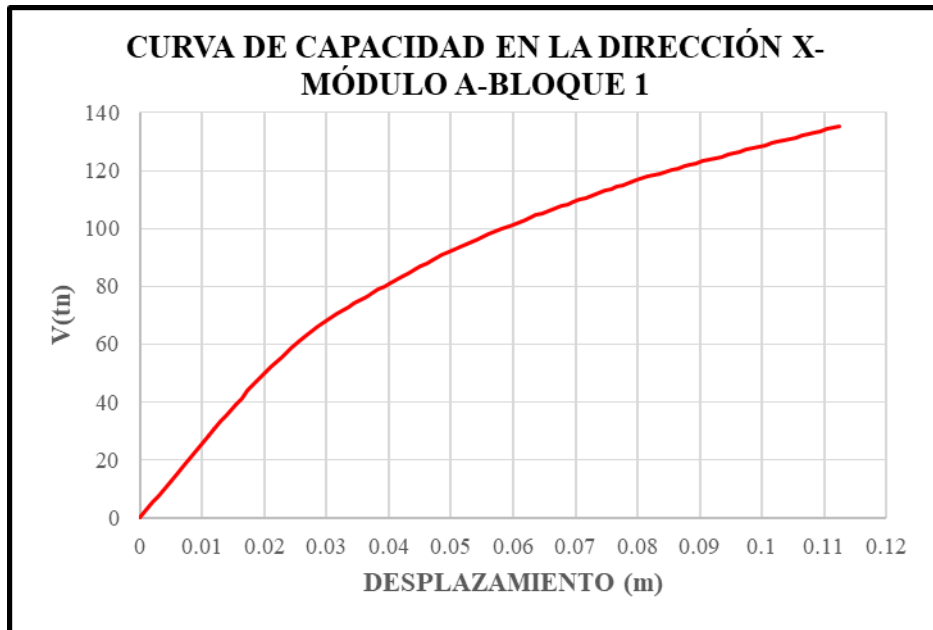


Figura 27: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

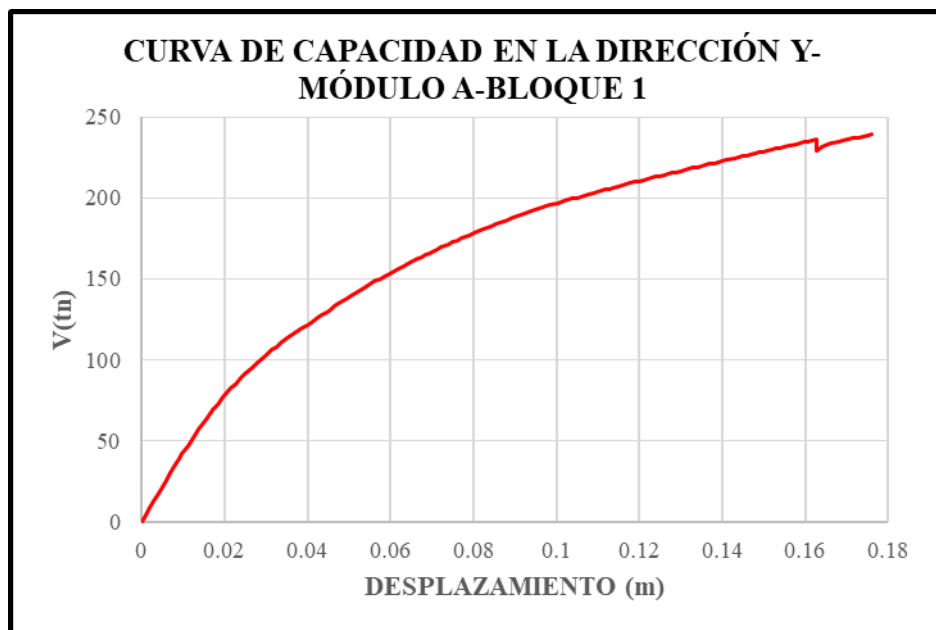


Figura 28: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

B) Curvas de capacidad del Módulo A - Bloque 2:

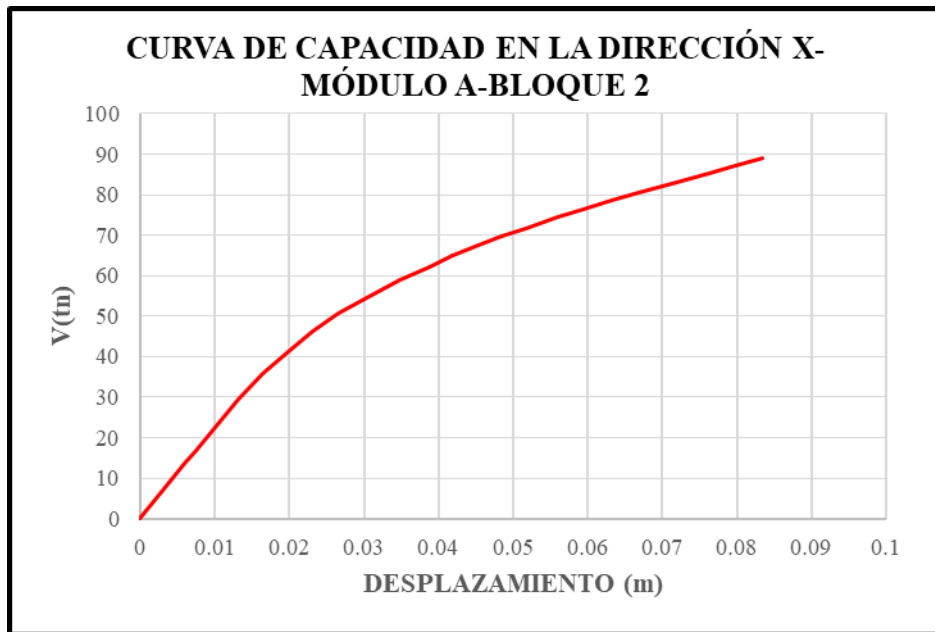


Figura 29: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

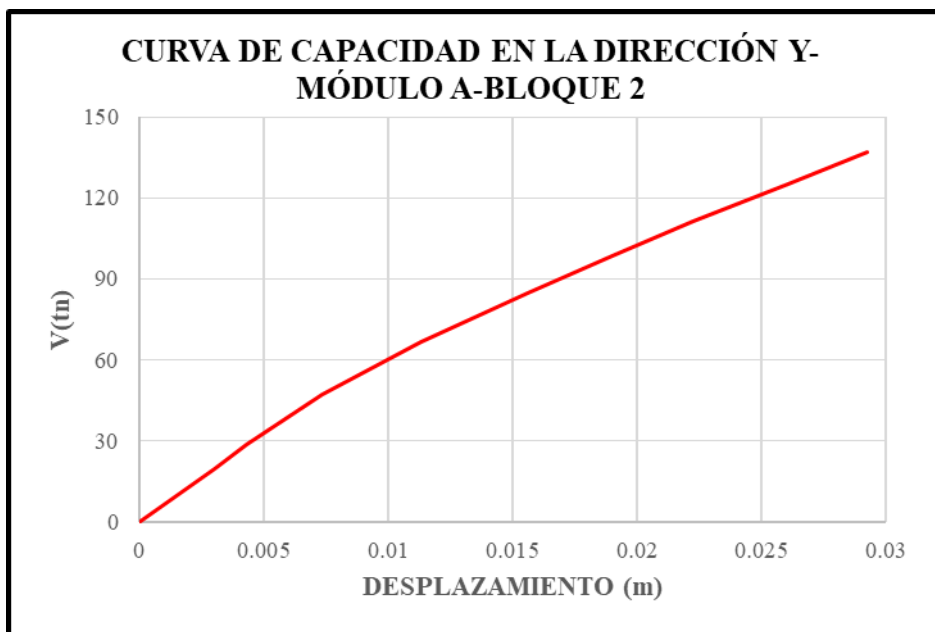


Figura 30: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

C) Curvas de Capacidad del Módulo B - Bloque 1:

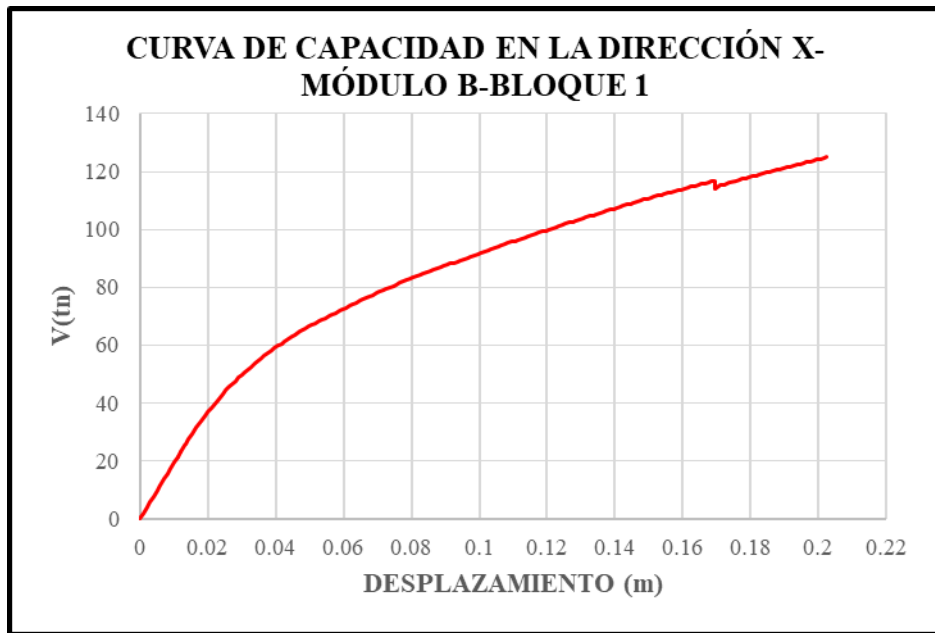


Figura 31: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

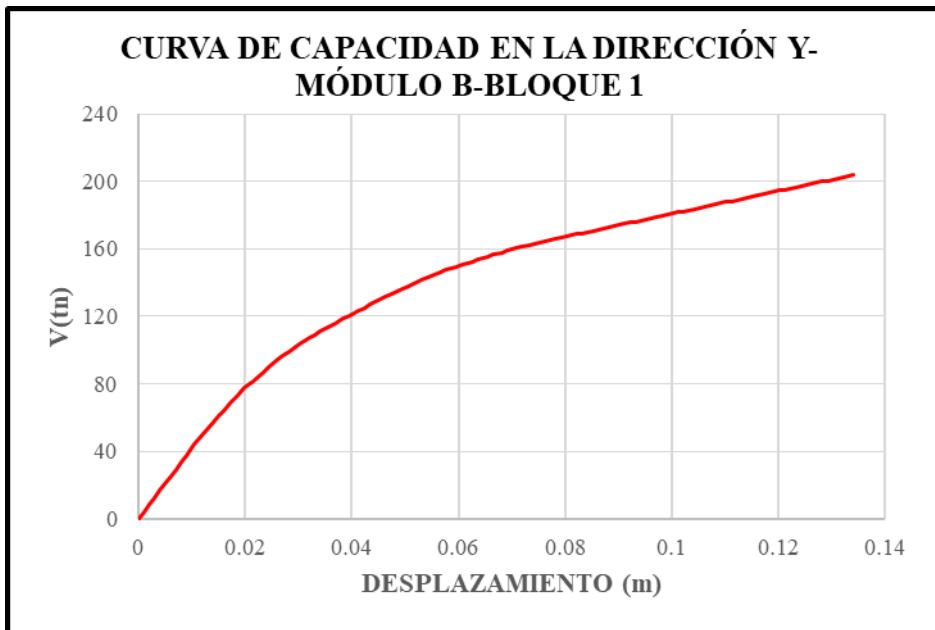


Figura 32: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

D) Curvas de Capacidad del Módulo B - Bloque 2:

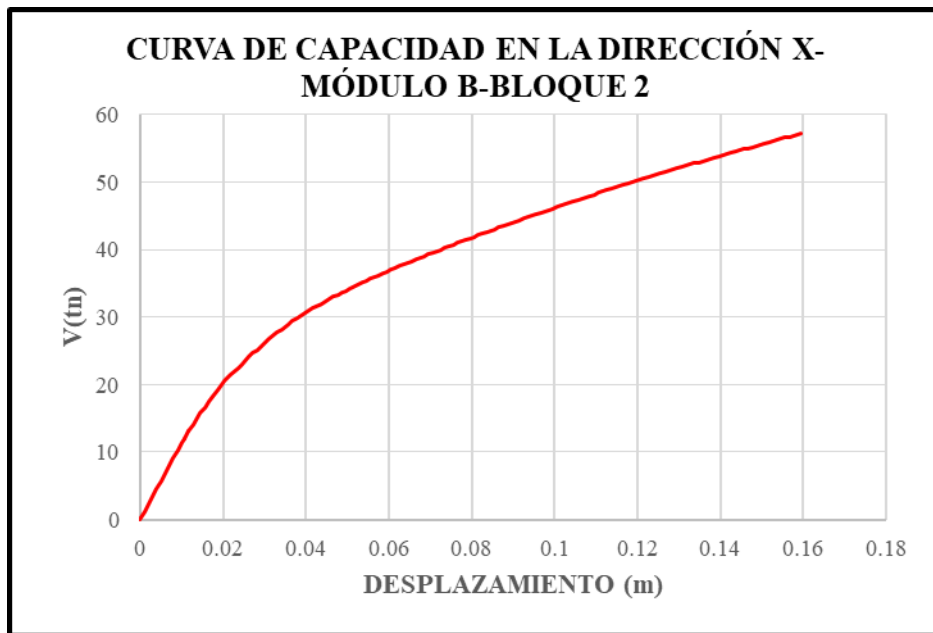


Figura 33: Curva de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

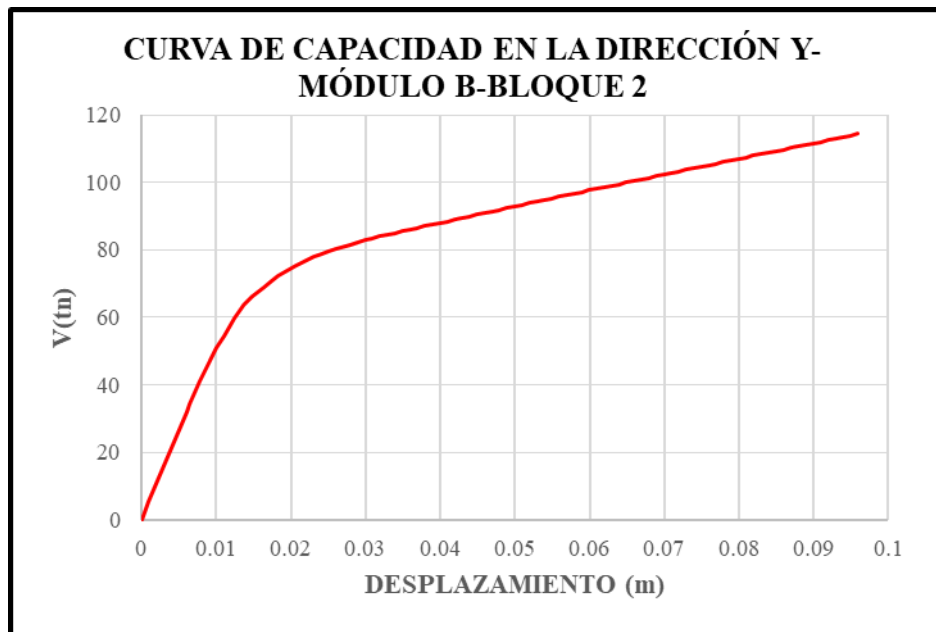


Figura 34: Curva de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los valores de las cortante máximas y desplazamientos máximos de los bloques en estudio.



Tabla 9: Resumen de la cortante máxima y del desplazamiento máximo de las curvas de capacidad.

MÓDULO	BLOQUE	DIRECCIÓN	V(tn)	DESPLAZAMIENTO (cm)
A	1	X	135.38	11.24
		Y	239.05	17.59
	2	X	89.08	8.35
		Y	136.85	2.92
B	1	X	125.04	20.25
		Y	203.79	13.41
	2	X	57.25	15.95
		Y	114.32	9.56

Autoría propia.

### 3.12.2. ESPECTROS DE ACELERACIONES DE LAS DEMANDAS SÍSMICAS.

Se determina el espectro de aceleraciones de las demandas sísmicas en base a los parámetros sísmicos dados por la tabla 6 cuyos datos se encuentran en el expediente técnico del Centro de Salud Asunción las cuales sigue con el lineamiento de la norma E.030.

A continuación, se presentan los espectros según cada nivel sísmico para la evaluación de los Módulos A y B del Centro de Salud Asunción, el cual se definieron con los parámetros de la tabla 2 y con la ecuación 2-2:

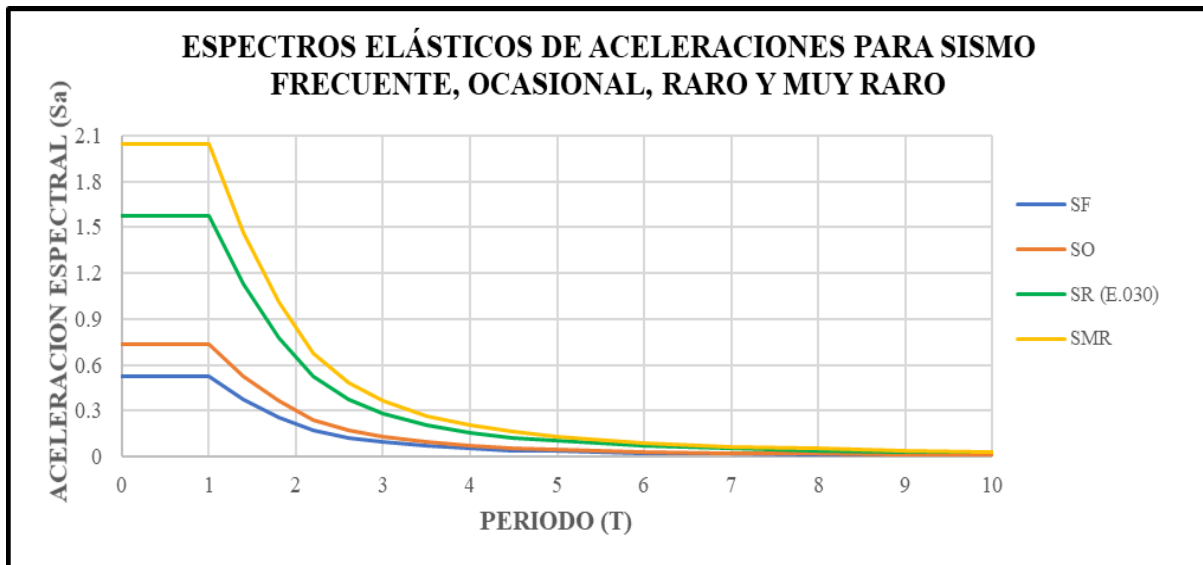


Figura 35: Espectros elásticos para cada nivel de demanda.

Fuente: Elaboración propia, 2021

### 3.12.3. ESPECTRO DE CAPACIDAD.

Es necesario convertir las curvas de capacidad a espectros de capacidad para cada dirección de análisis, para cada módulo y para cada boque, ya que dichos espectros de capacidad se encontrarán en coordenadas ADRS ( $S_a$  vs  $S_d$ ) lo cual superponiéndolo con los espectros de demanda sísmicas determinaremos el punto de desempeño.

A) Espectro de Capacidad del Módulo A - Bloque 1

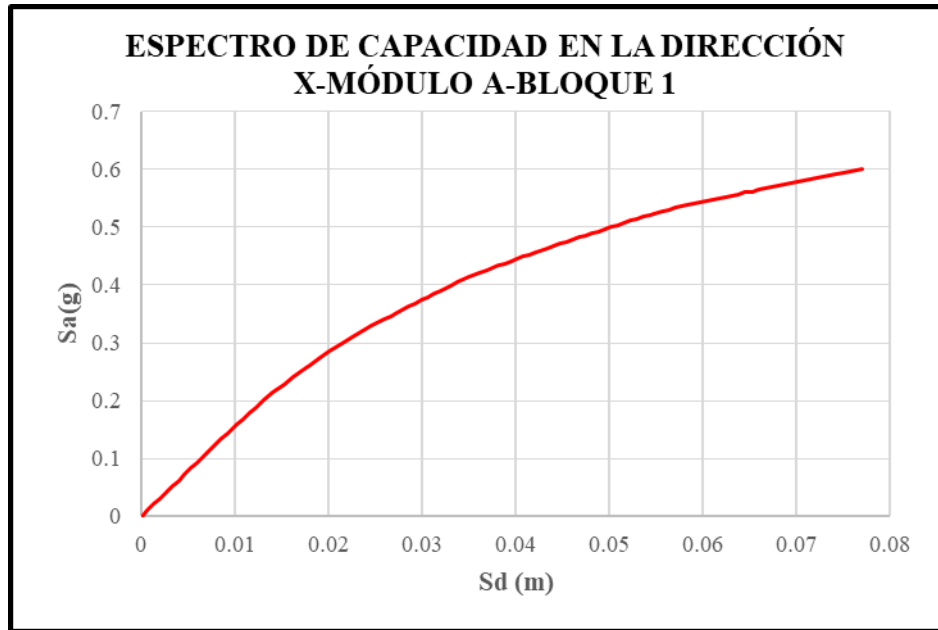


Figura 36: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

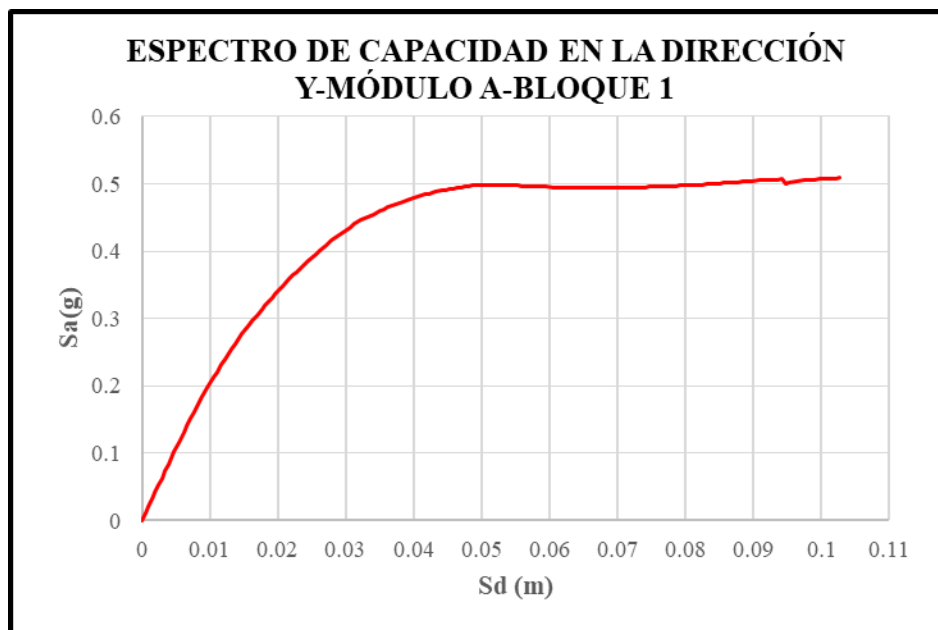


Figura 37: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

B) Espectro de Capacidad del Módulo A - Bloque 2:

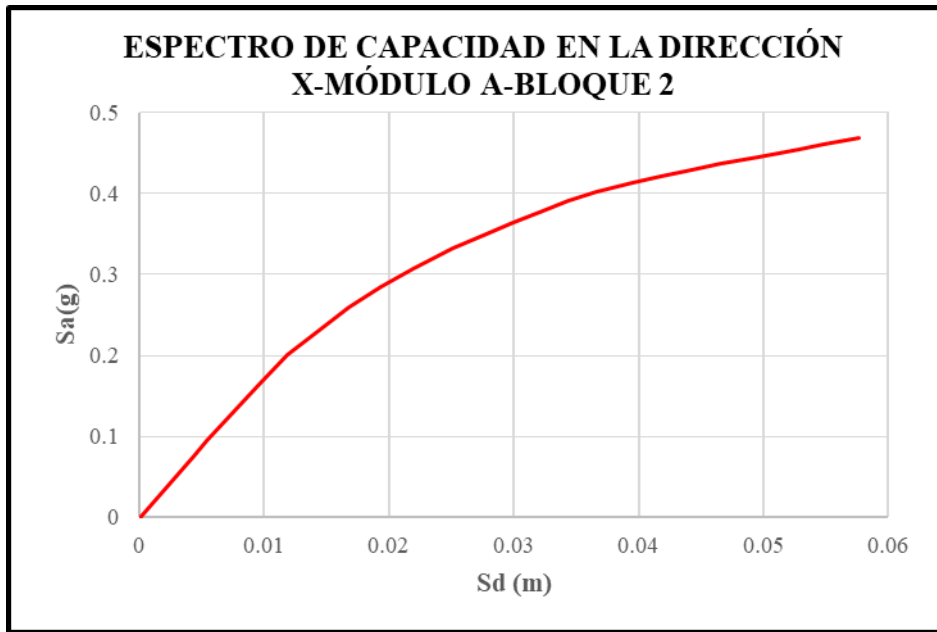


Figura 38: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

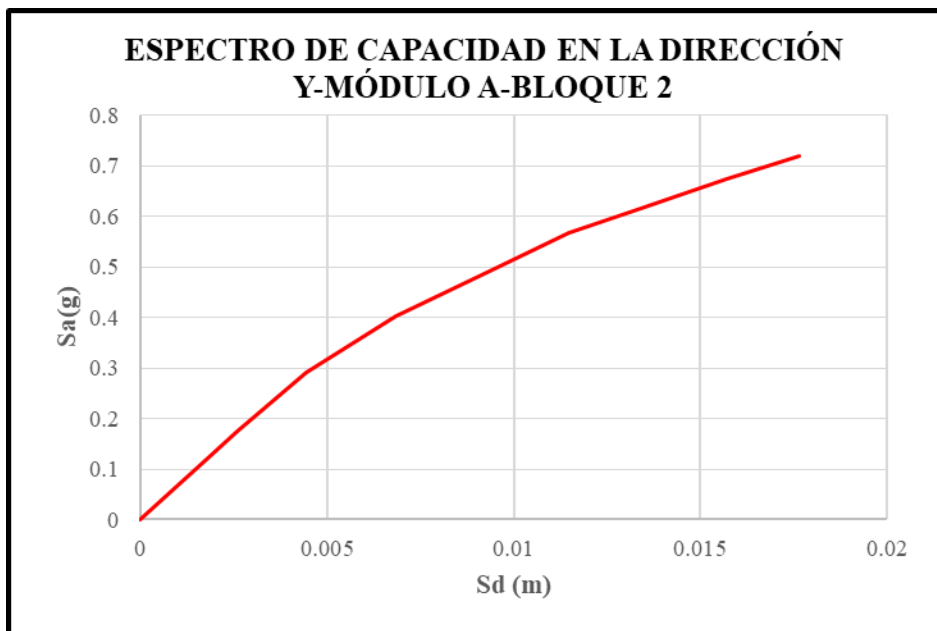


Figura 39: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

C) Espectro de Capacidad del Módulo B - Bloque 1:

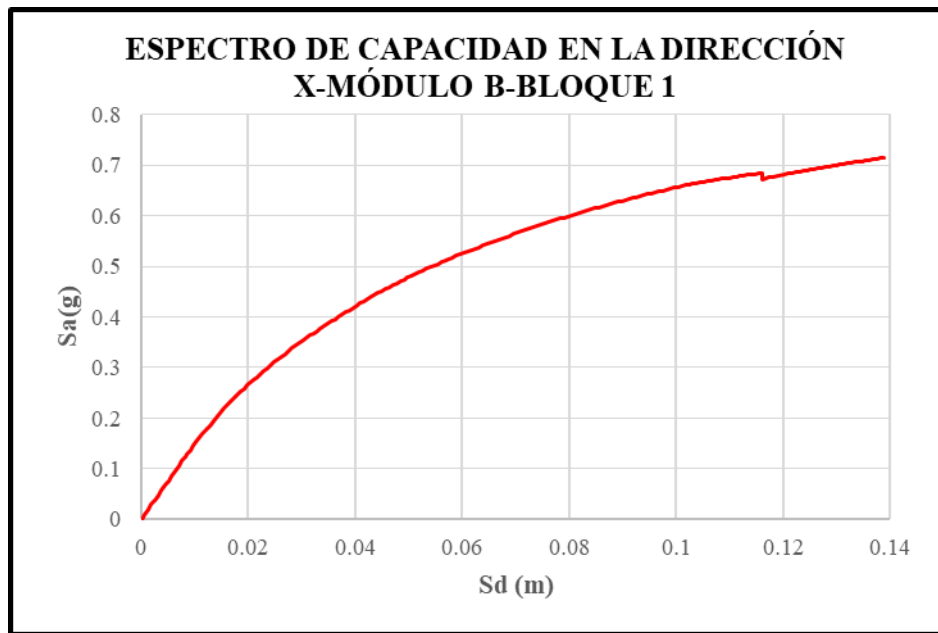


Figura 40: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

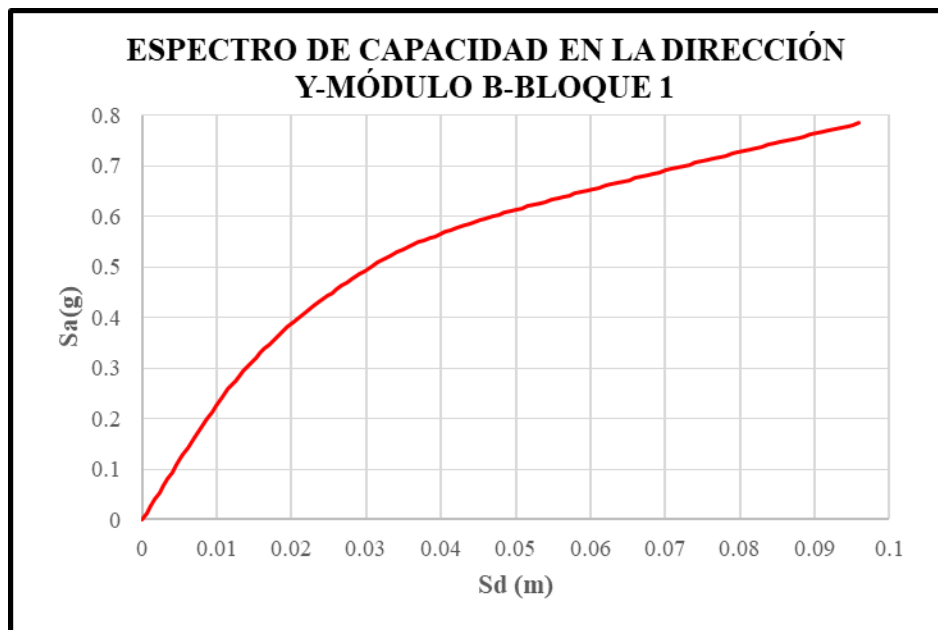


Figura 41: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

D) Espectro de Capacidad del Módulo B - Bloque 2:

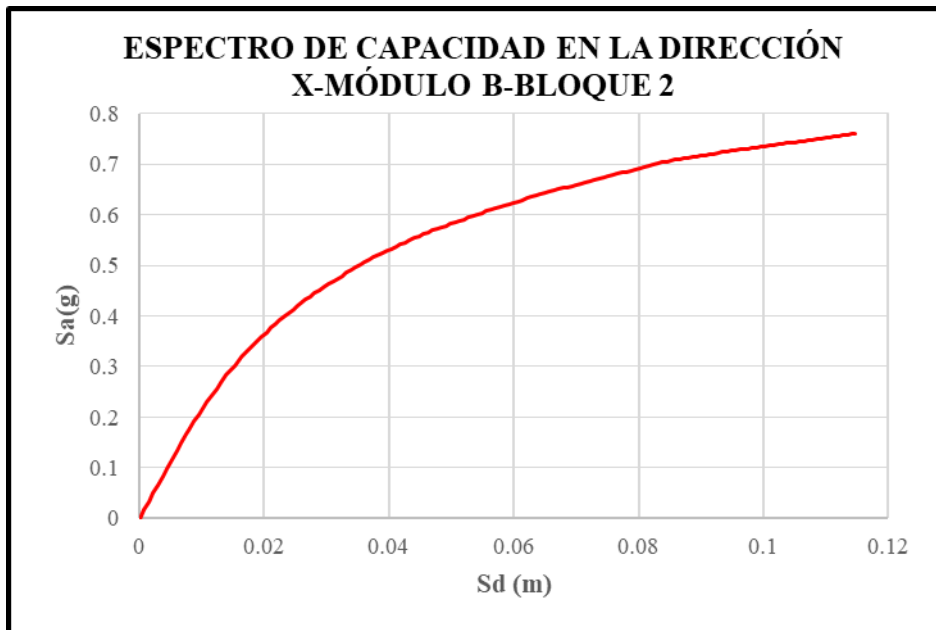


Figura 42: Espectro de capacidad en la dirección X del Módulo B-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

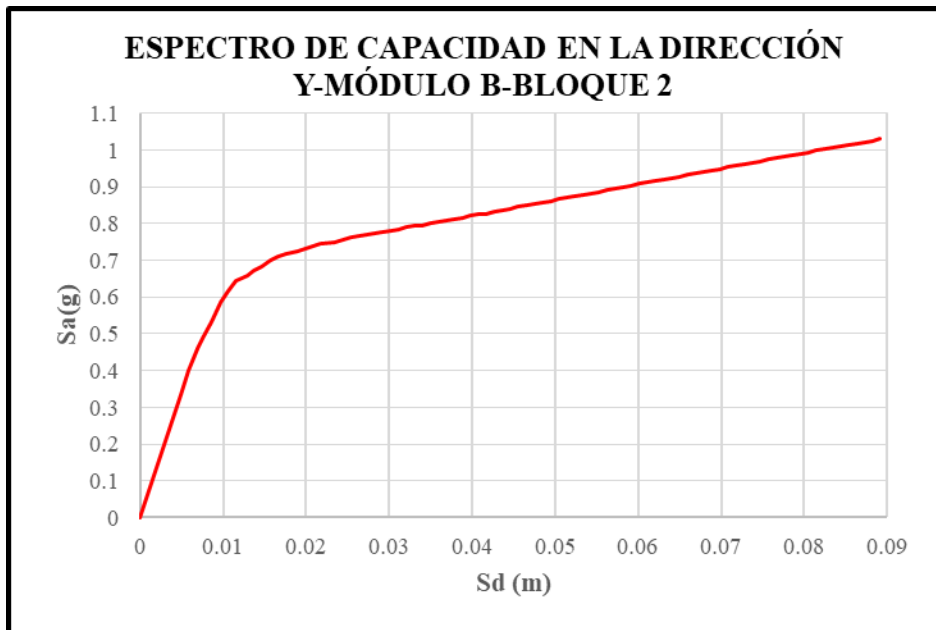


Figura 43: Espectro de capacidad en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

### 3.12.4. CURVA BILINEAL.

La curva bilineal está representada por los puntos de capacidad de cedencia ( $S_{dy}$ ,  $S_{ay}$ ) y de capacidad última ( $S_{du}$ ,  $S_{au}$ ).

A) Curva Bilineal del Módulo A - Bloque 1:

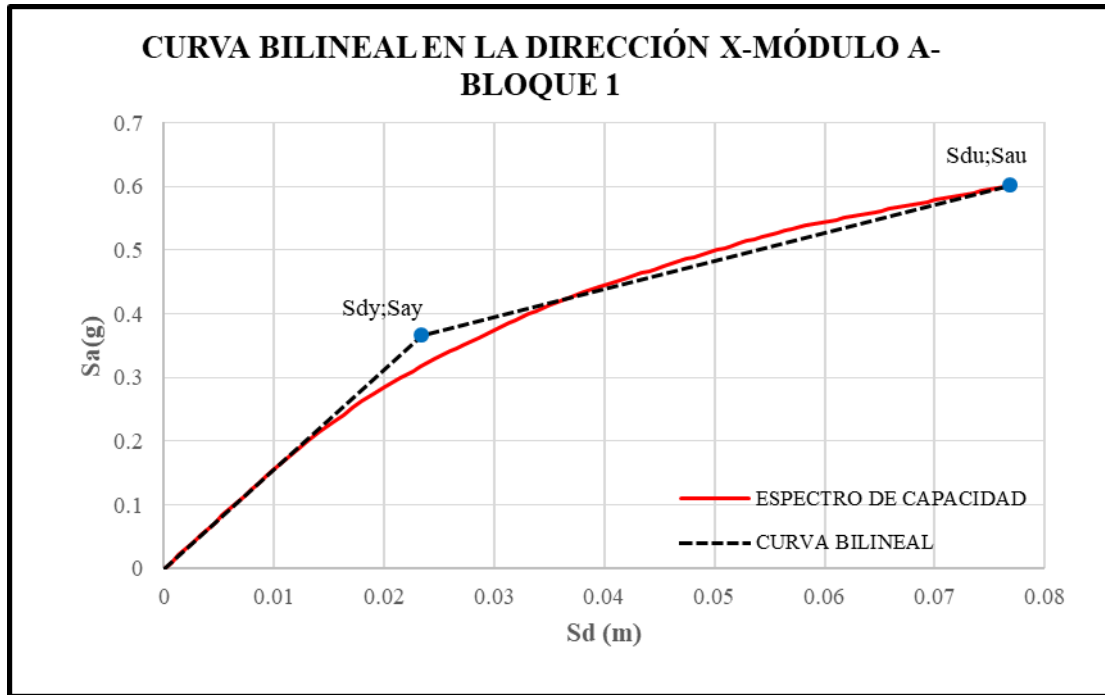


Figura 44: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

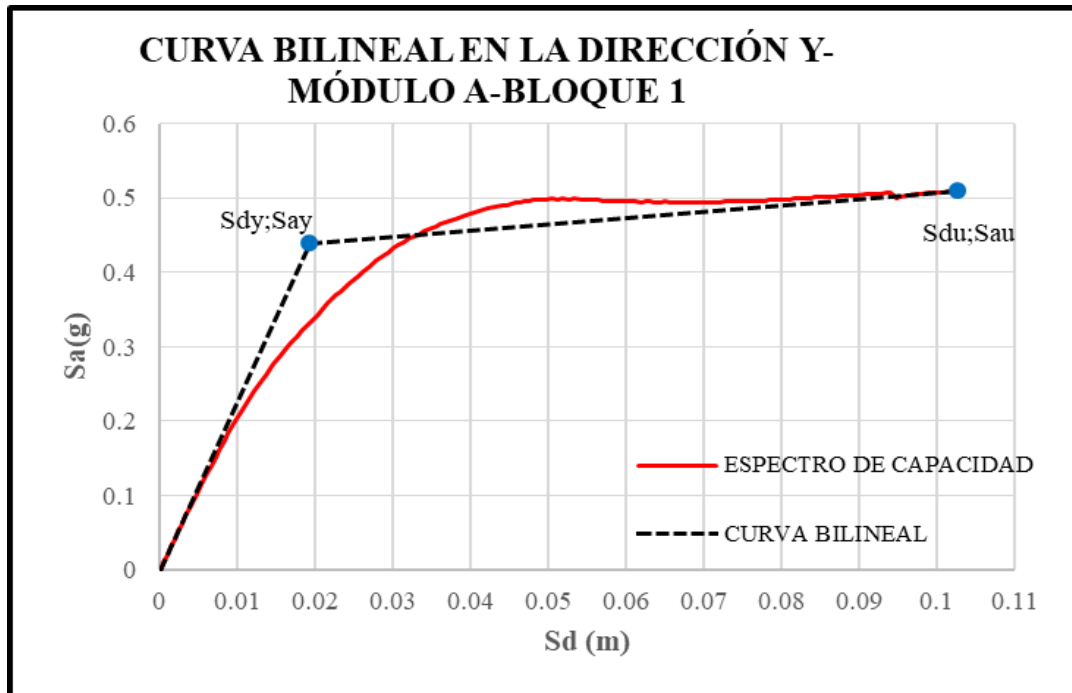


Figura 45: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo A-Bloque 1.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

B) Curva Bilineal del Módulo A - Bloque 2:

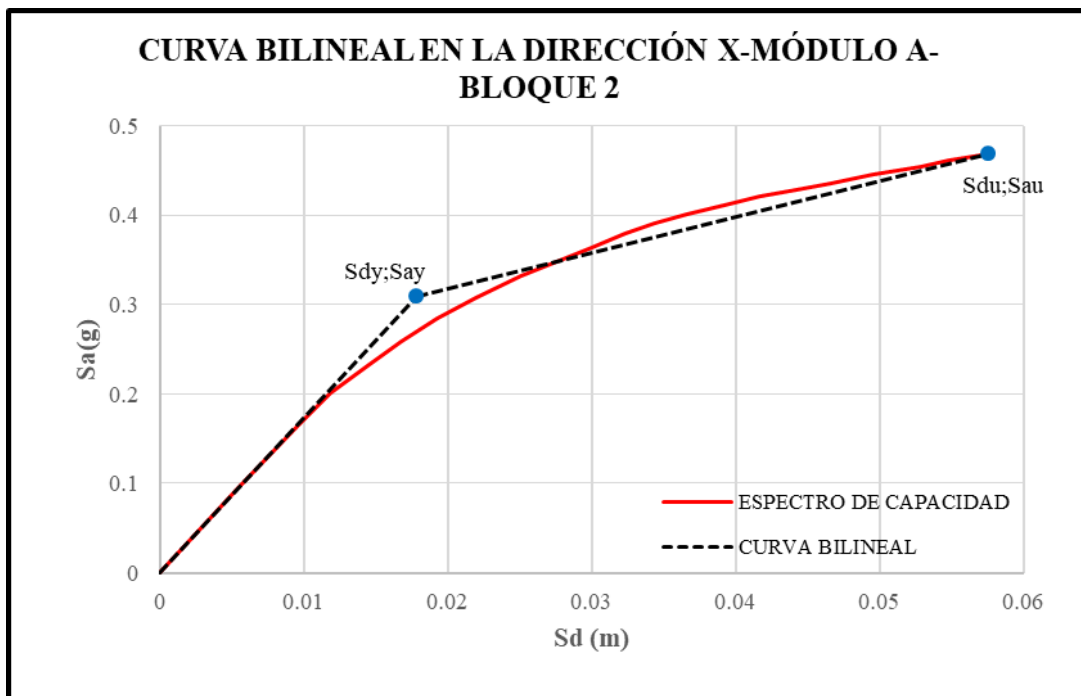


Figura 46: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

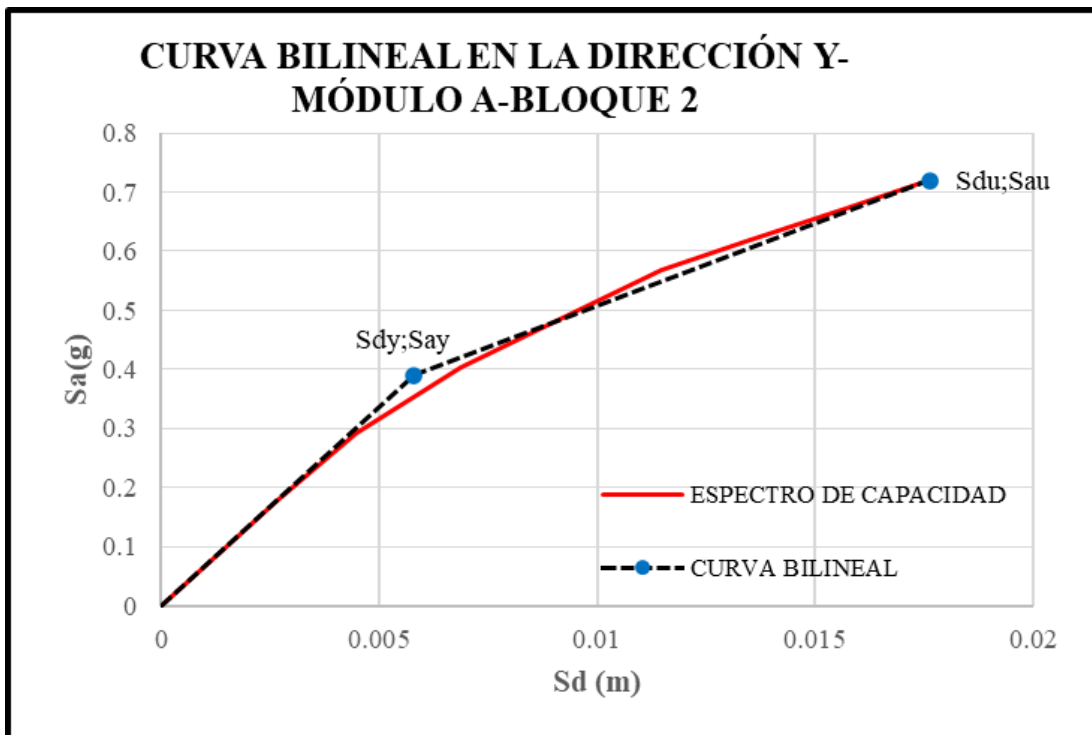


Figura 47: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo A-Bloque 2.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

C) Curva Bilineal del Módulo B - Bloque 1:

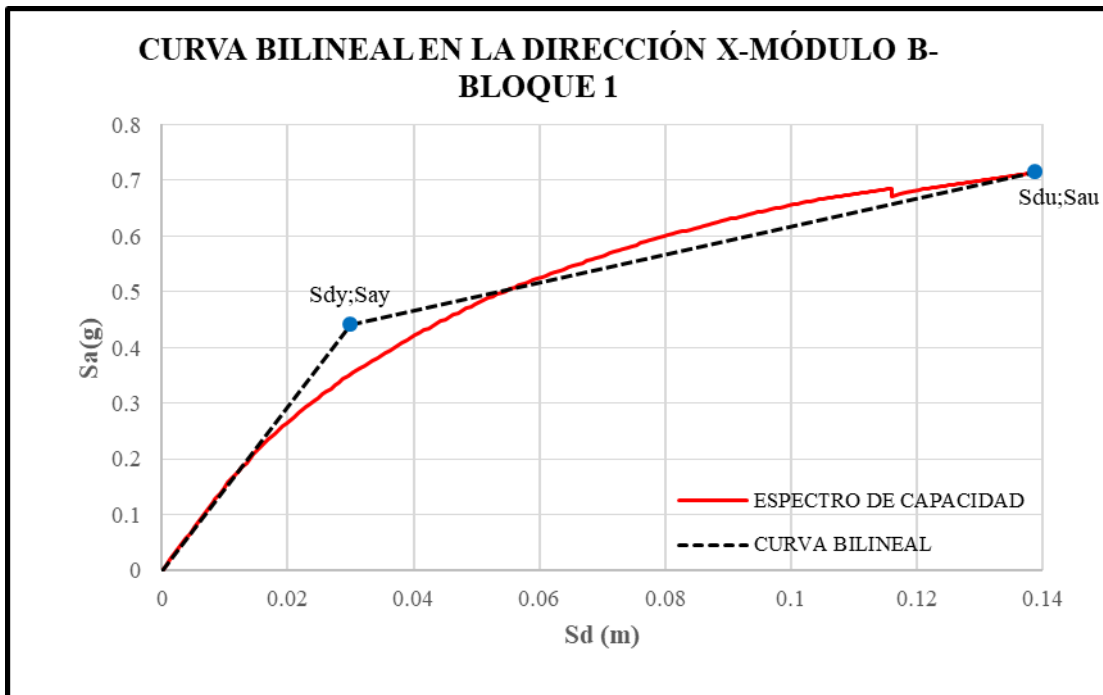


Figura 48: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo B-Bloque 1.

Fuente: Elaboración propia, 2021

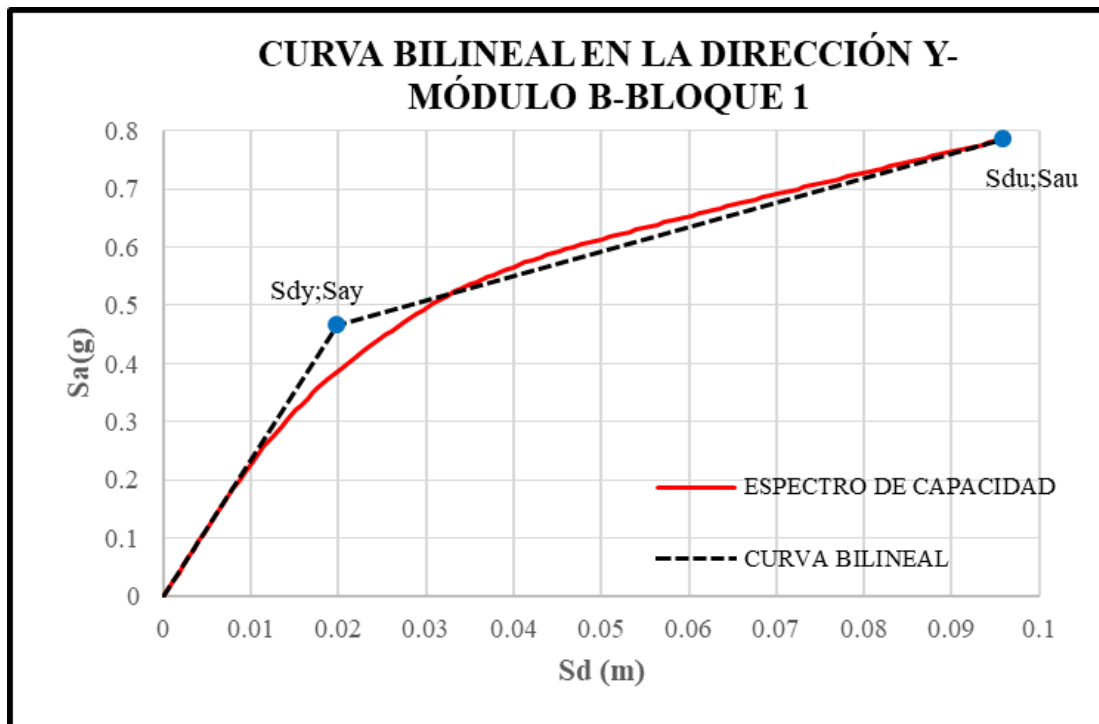


Figura 49: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo B-Bloque 1.

Fuente: Elaboración propia, 2021



D) Curva Bilineal del Módulo B - Bloque 2:

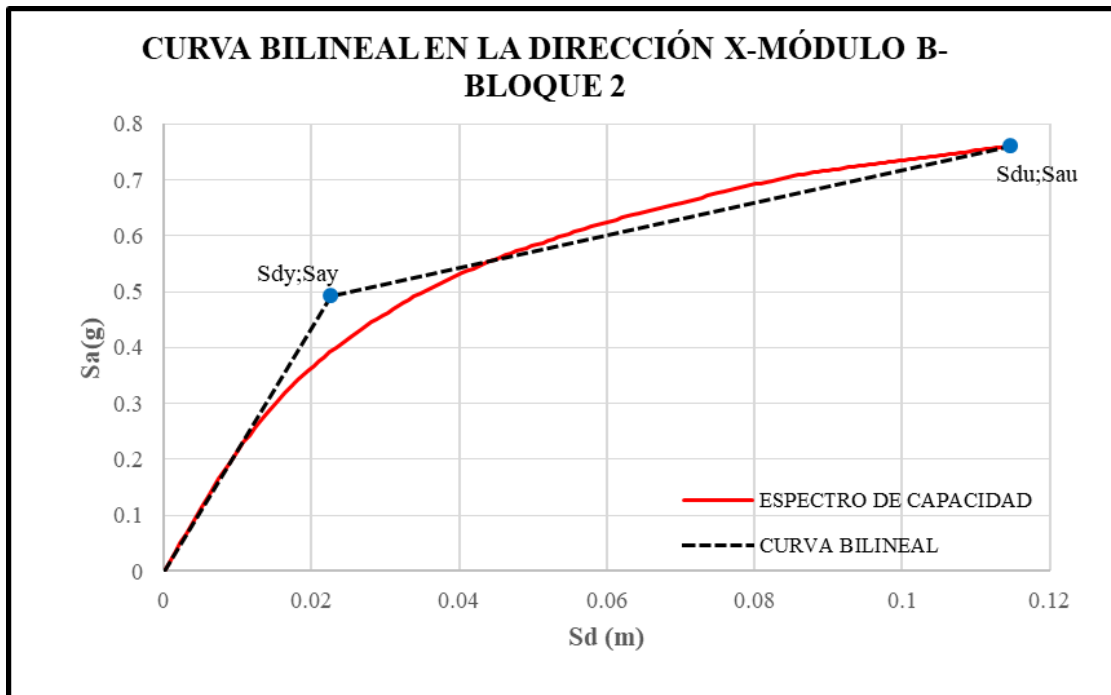


Figura 50: Curva Bilineal en la dirección X del Módulo B-Bloque 2.

Fuente: Elaboración propia, 2021

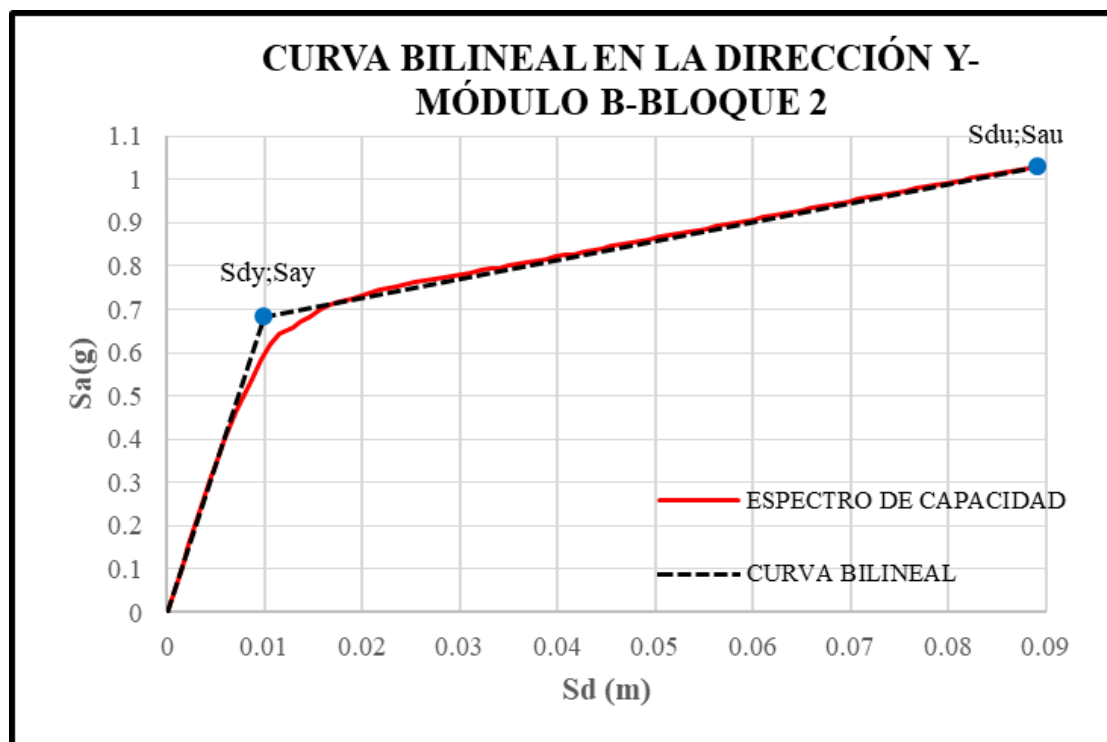


Figura 51: Curva Bilineal en la dirección Y del Módulo B-Bloque 2.

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los valores de los puntos de capacidad última y los puntos de capacidad de cedencia de los bloques en estudio

Tabla 10: Resumen de los puntos de capacidad de última, capacidad de cedencia y ductilidad.

MÓDULO	BLOQUE	DIRECCIÓN	Sa <sub>u</sub>	Sd <sub>u</sub>	Sa <sub>y</sub>	Sd <sub>y</sub>	DUCTILIDAD
A	1	X	0.601579	0.0769	0.365	0.0234	3.29
		Y	0.5092	0.1027	0.439	0.0194	5.29
	2	X	0.4693	0.0576	0.309	0.0178	3.24
		Y	0.7195	0.0176	0.39	0.0058	3.03
B	1	X	0.7149	0.1388	0.442	0.0299	4.64
		Y	0.7847	0.096	0.466	0.0198	4.85
	2	X	0.7607	0.1148	0.492	0.0226	5.08
		Y	1.0301	0.0892	0.682	0.01	8.92

Autoría propia.

### 3.12.5. PUNTO DE DESEMPEÑO.

El punto de desempeño fue determinado por el método del FEMA 440 (Equivalent Linearization), el cual es un método iterativo y que viene integrado en el software ETABS.

#### A) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO A DIRECCIÓN X.

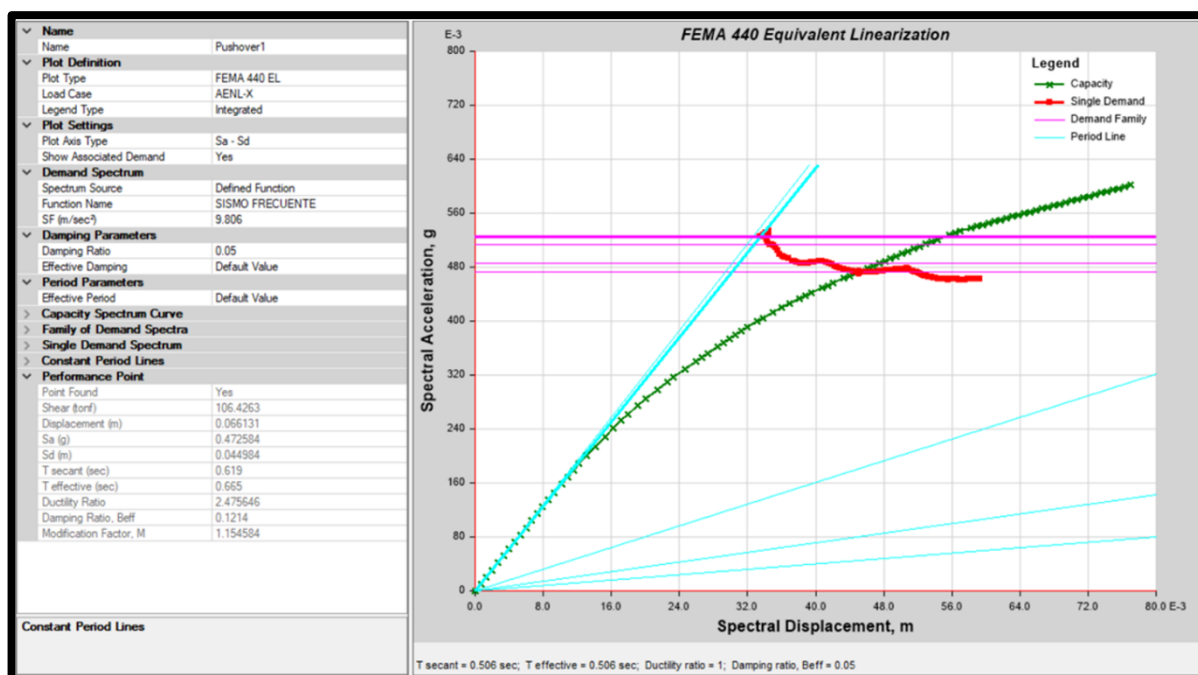


Figura 52: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

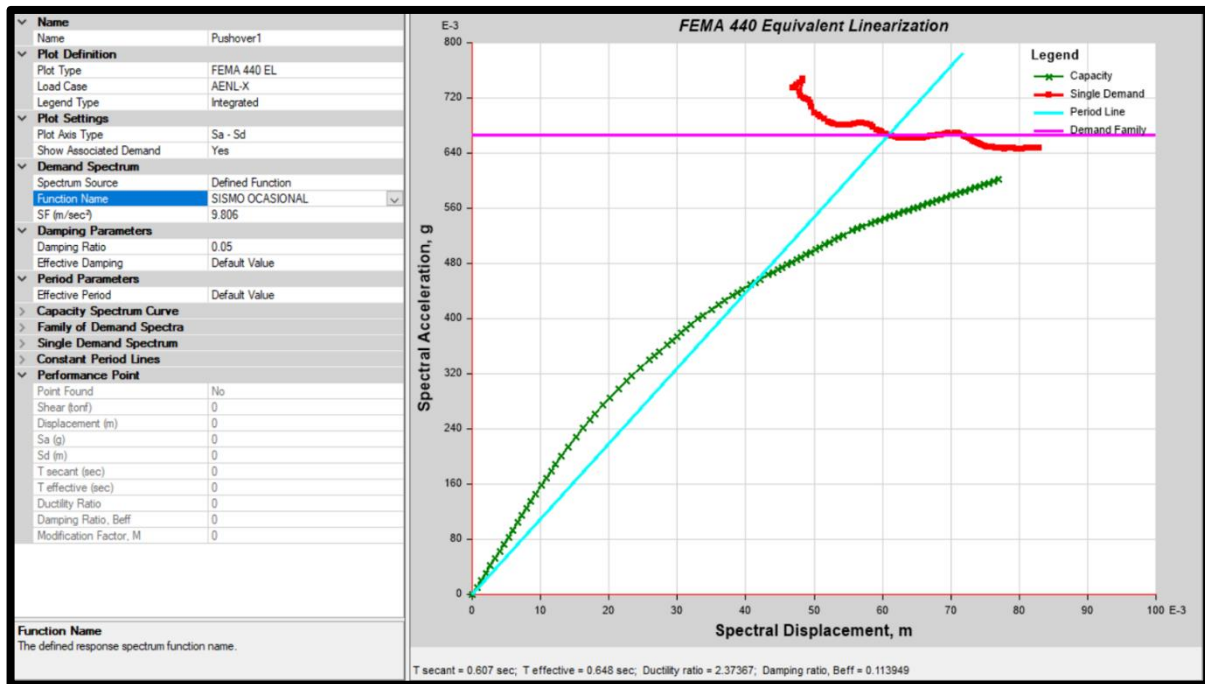


Figura 53: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

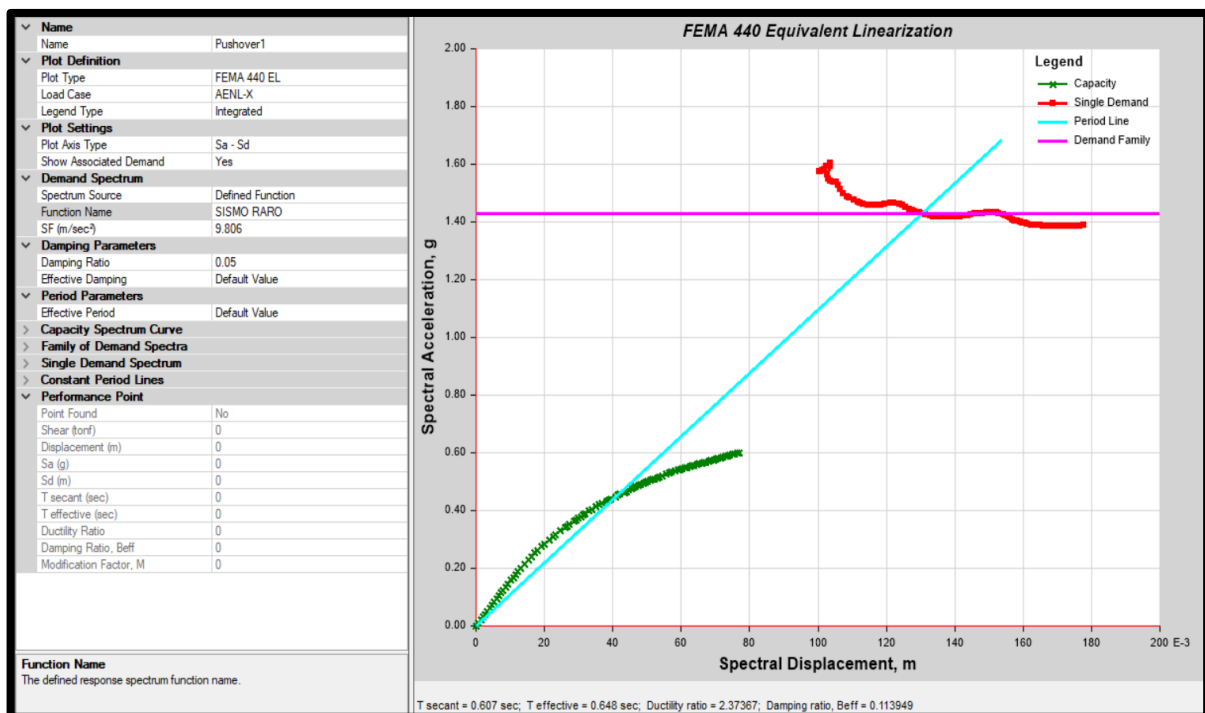


Figura 54: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Raro. Fuente: Elaboración propia, 2021

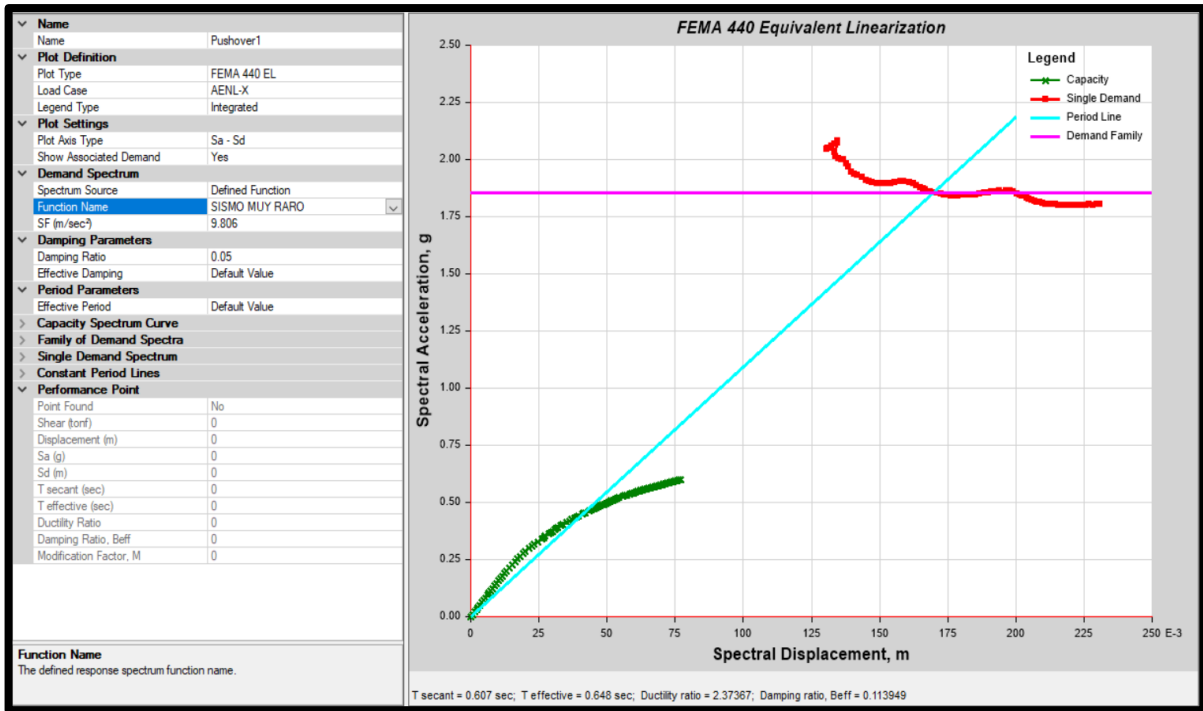


Figura 55: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Muy Raro. Fuente: Elaboración propia, 2021

## B) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO A - DIRECCIÓN X.

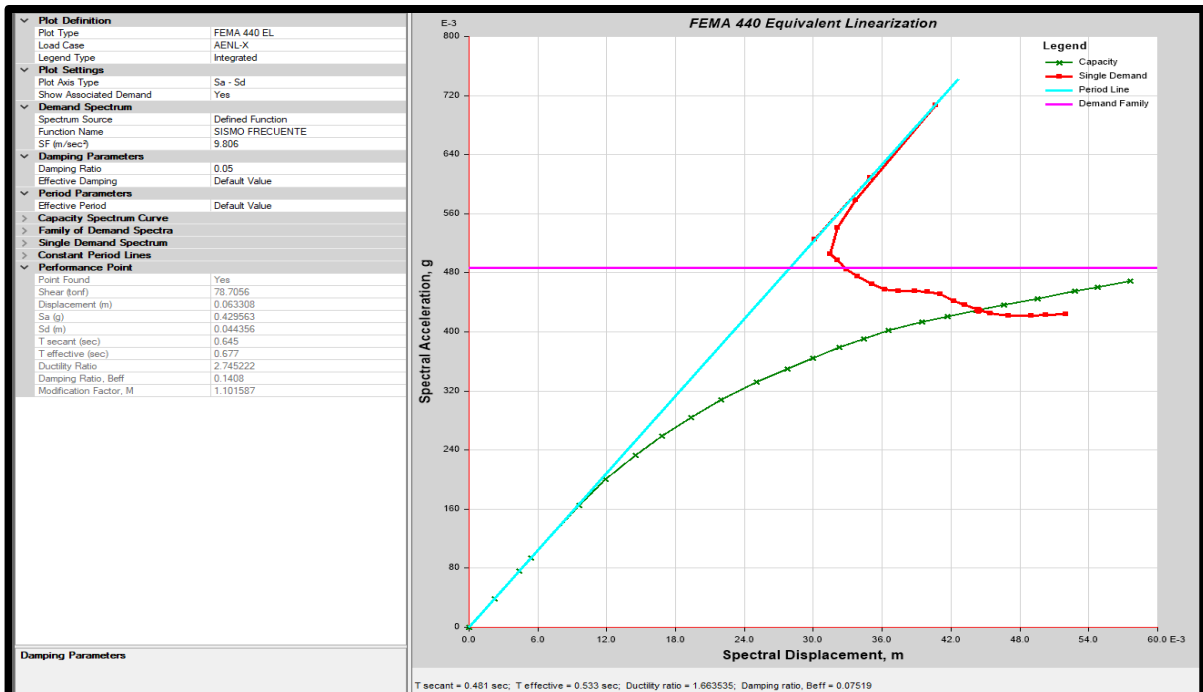


Figura 56: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo A ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

C) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO B -  
DIRECCIÓN X.

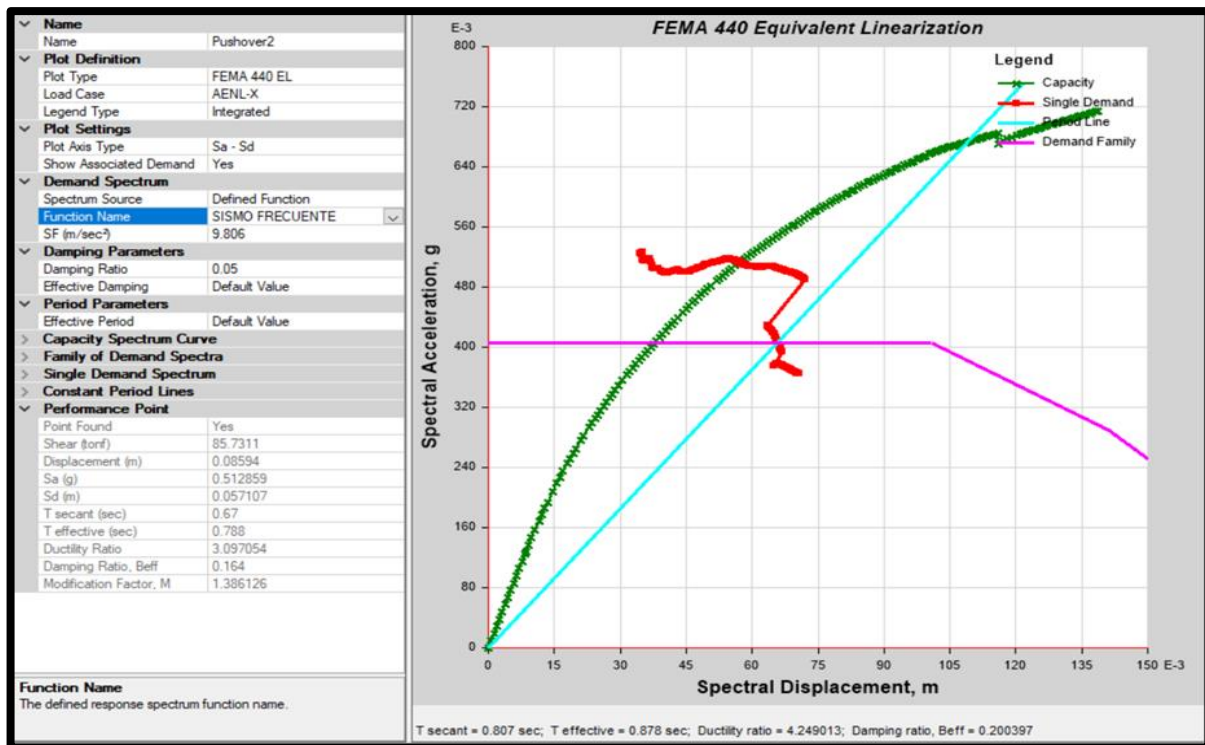


Figura 57: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

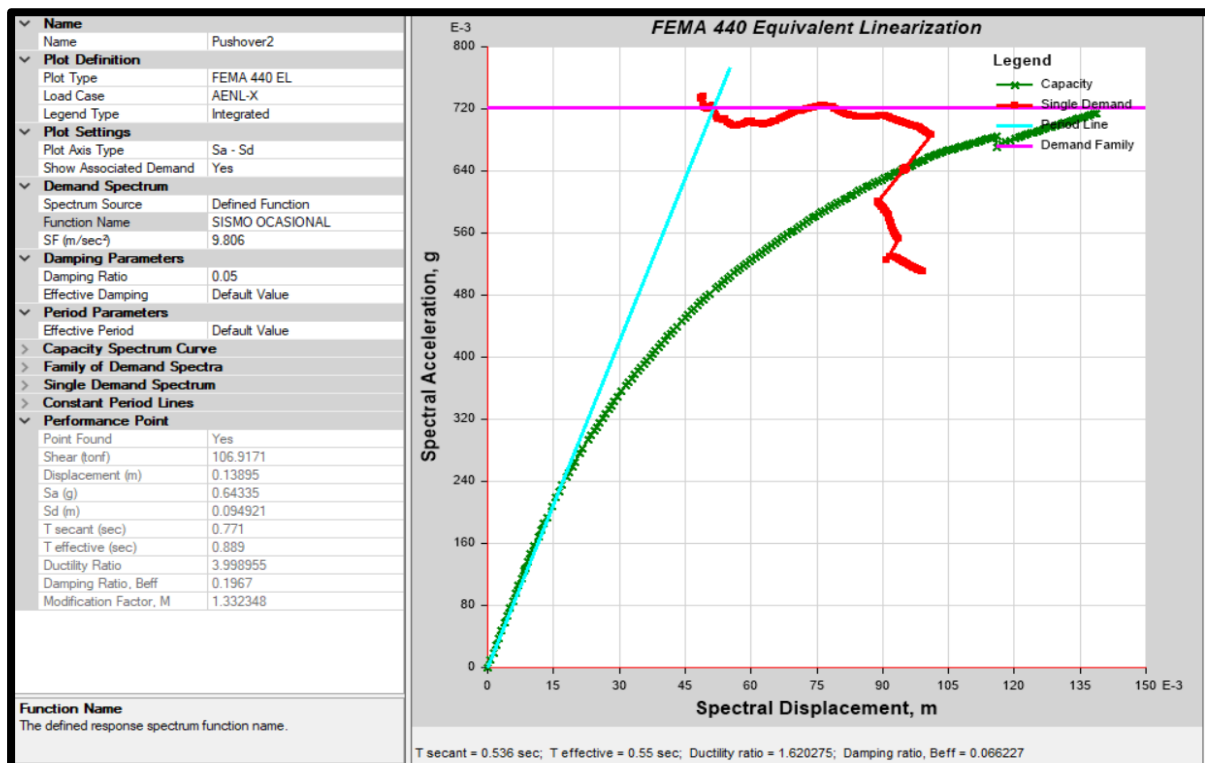


Figura 58: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

**D) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO B -  
DIRECCIÓN X.**

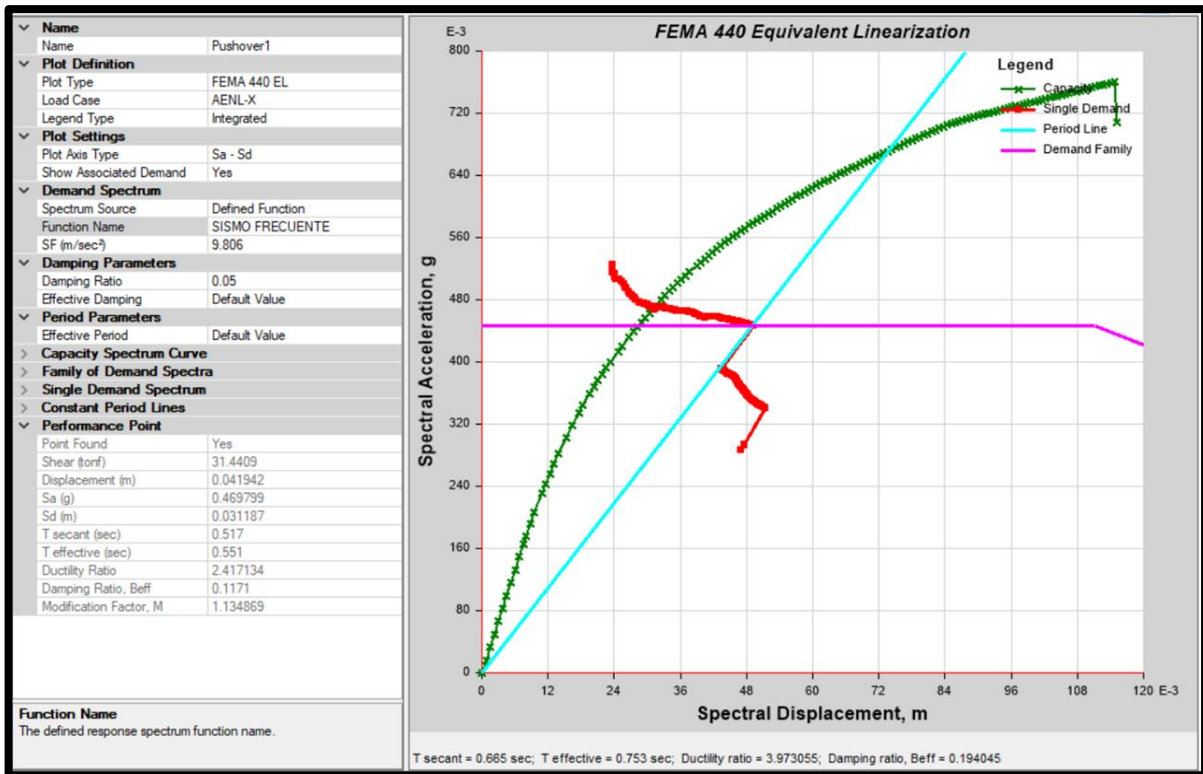


Figura 59: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

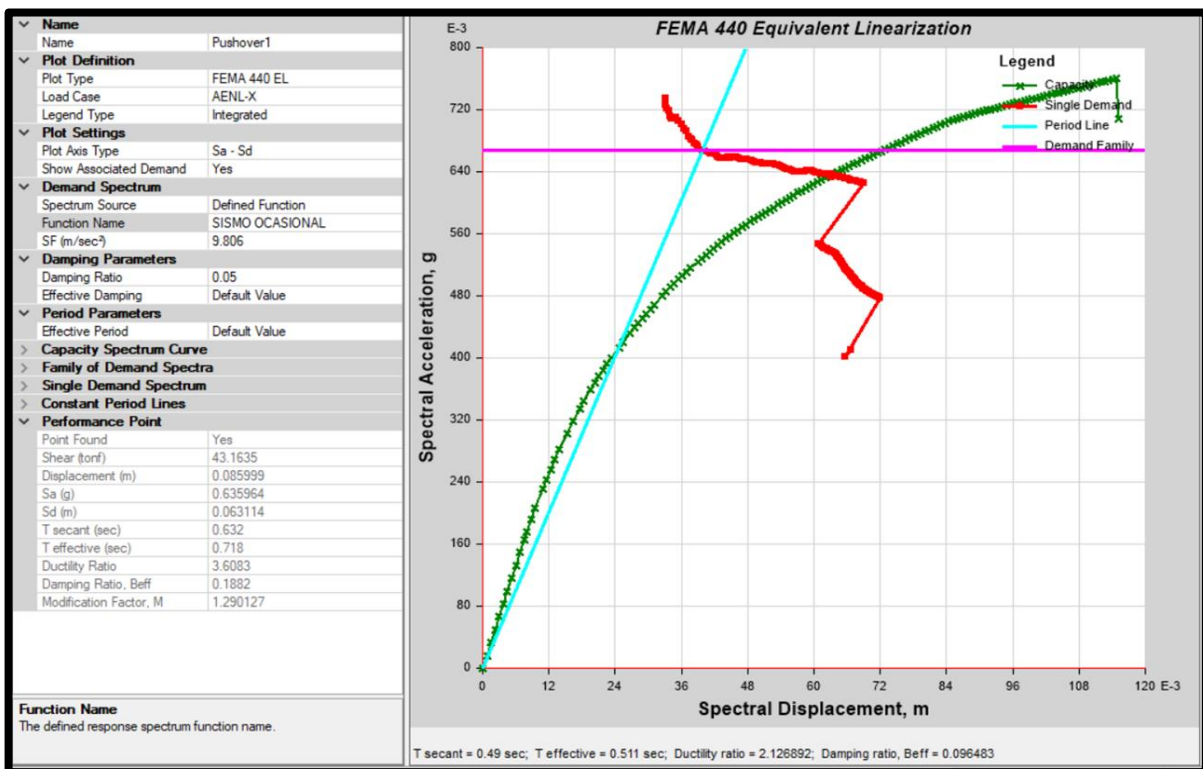


Figura 60: Punto de desempeño en la dirección X para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

## E) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO A - DIRECCIÓN Y.

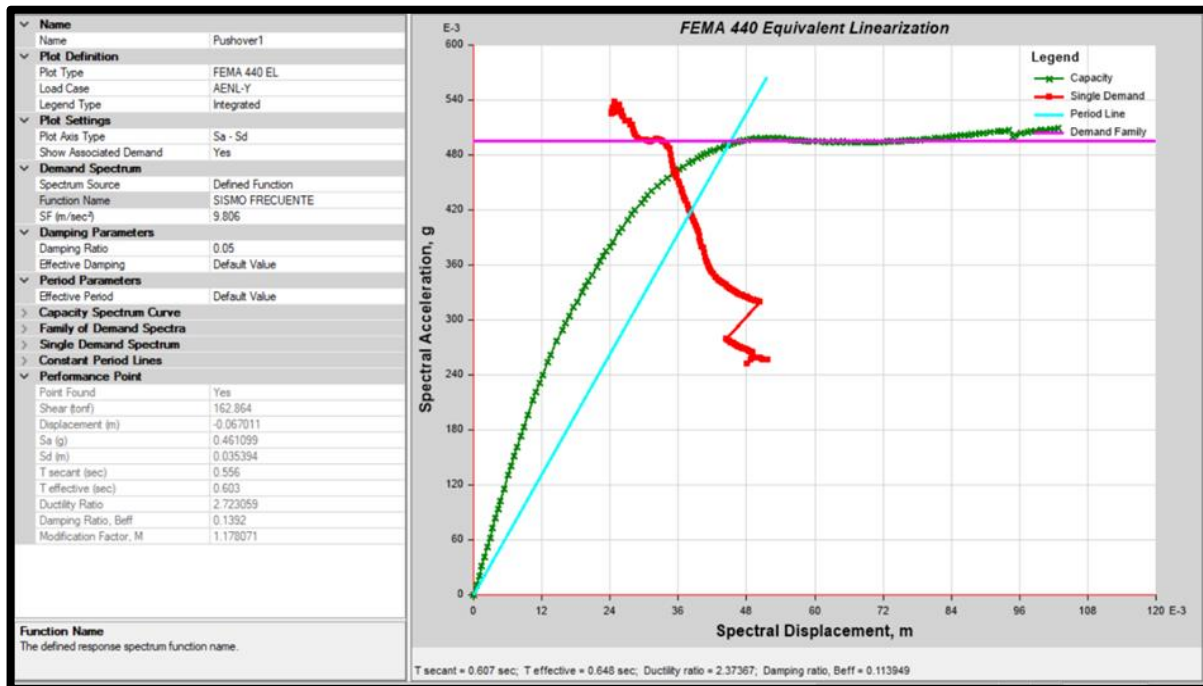


Figura 61: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

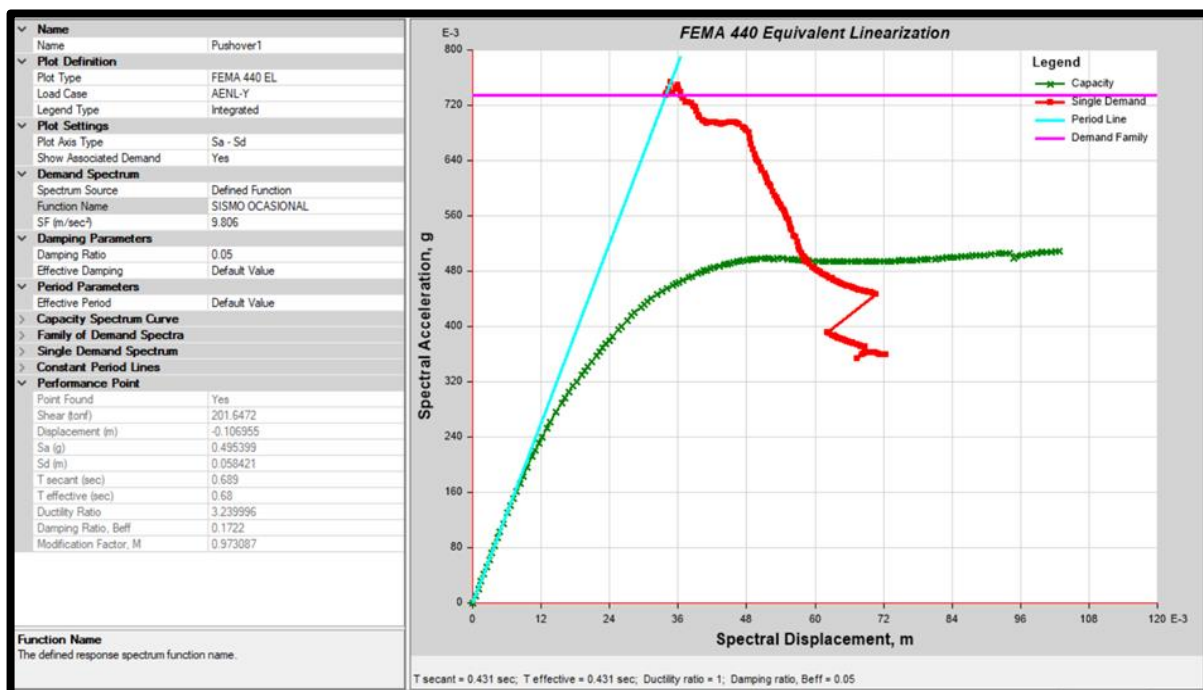


Figura 62: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo A ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

**F) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO A -  
DIRECCIÓN Y.**

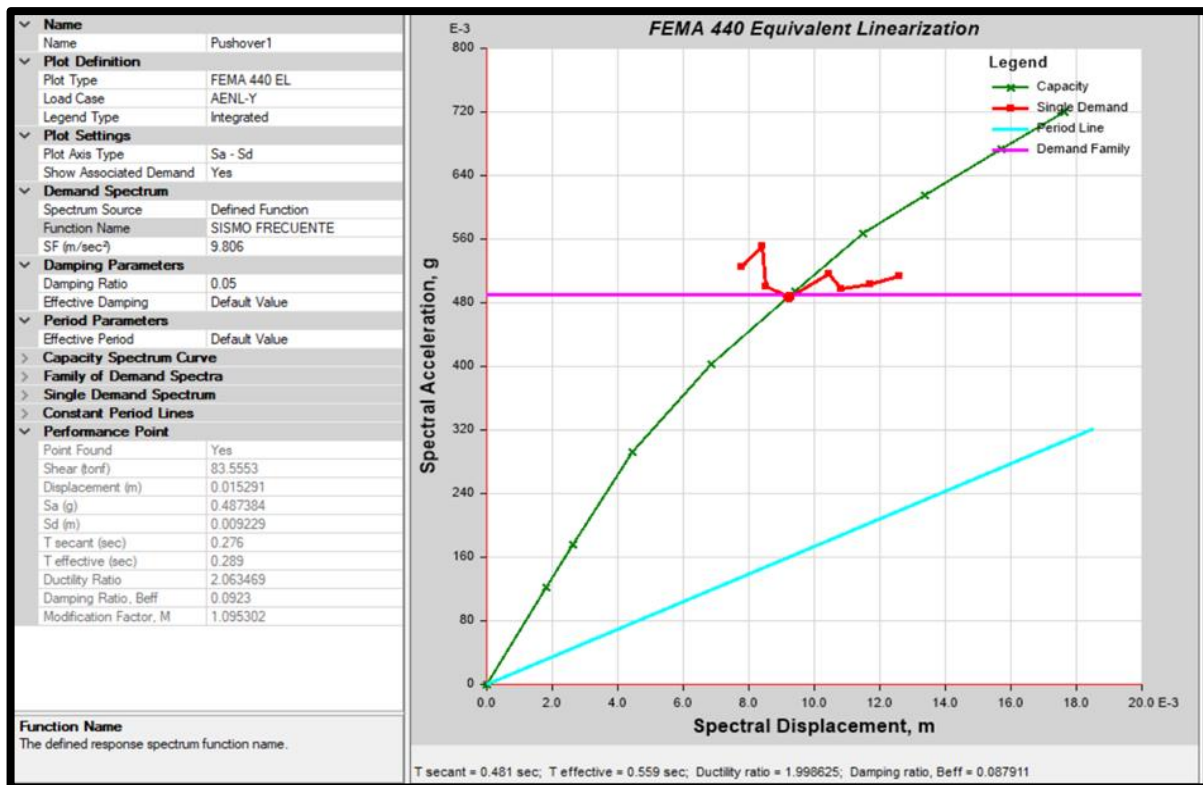


Figura 63: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo A ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

**G) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 1 - MÓDULO B -  
DIRECCIÓN Y.**



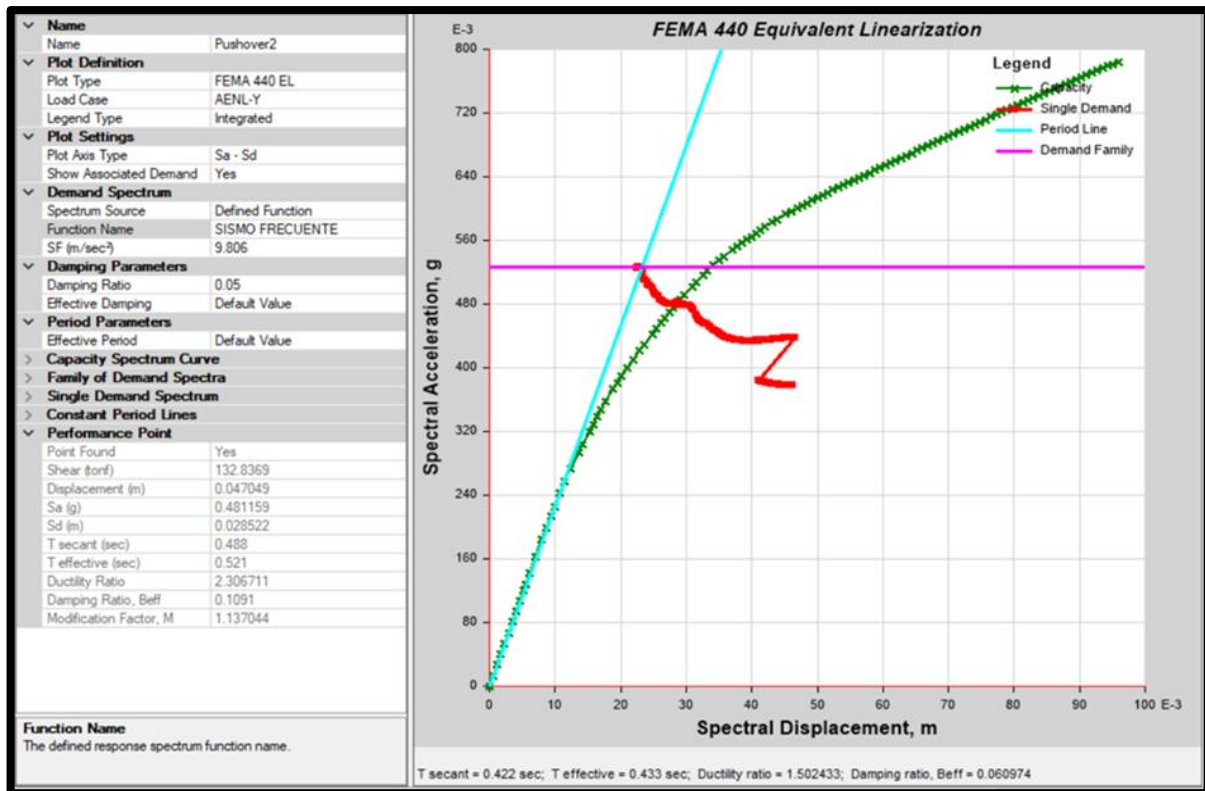


Figura 64: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

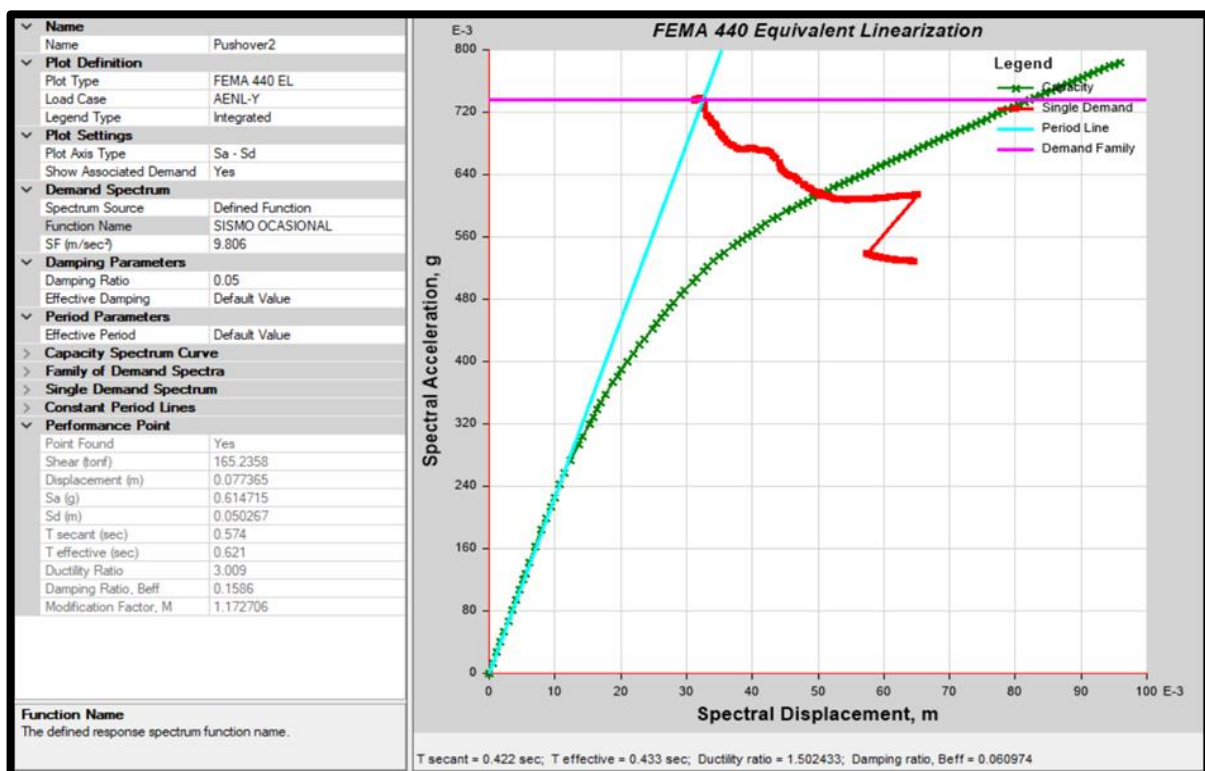


Figura 65: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 1-Módulo B ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

## H) PUNTOS DE DESEMPEÑO PARA EL BLOQUE 2 - MÓDULO B - DIRECCIÓN Y.

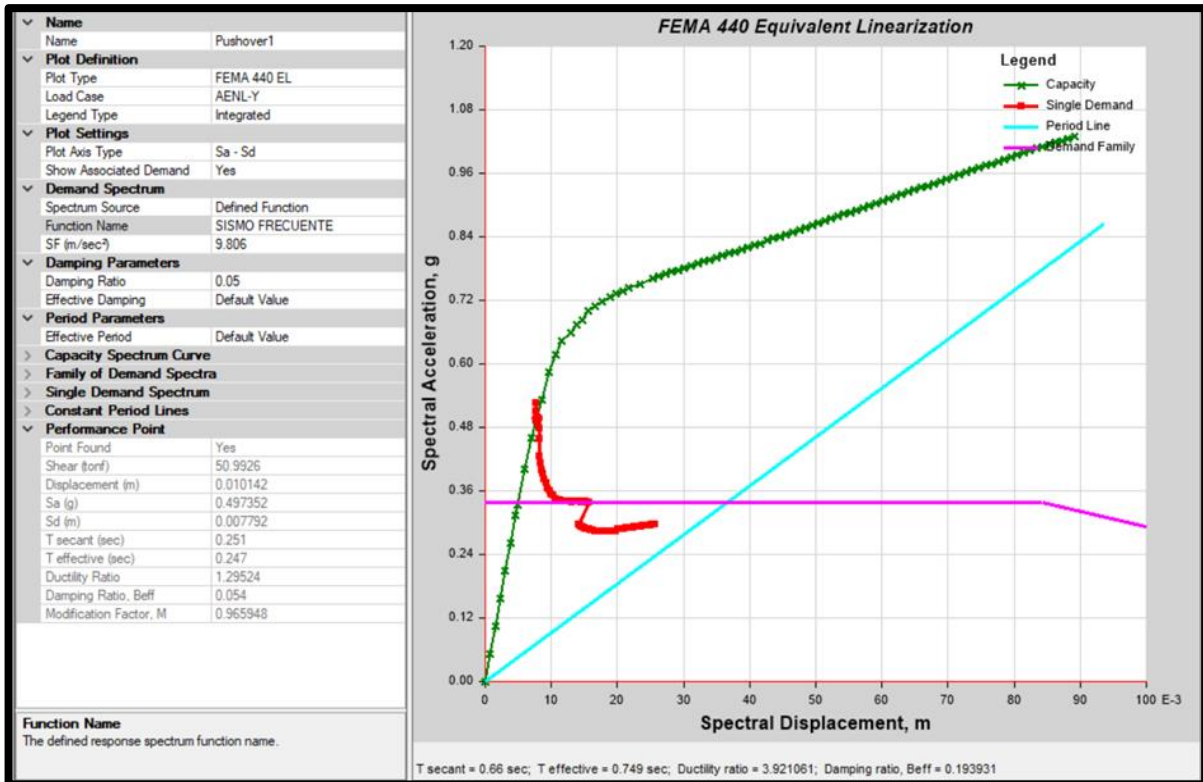


Figura 66: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Frecuente. Fuente: Elaboración propia, 2021

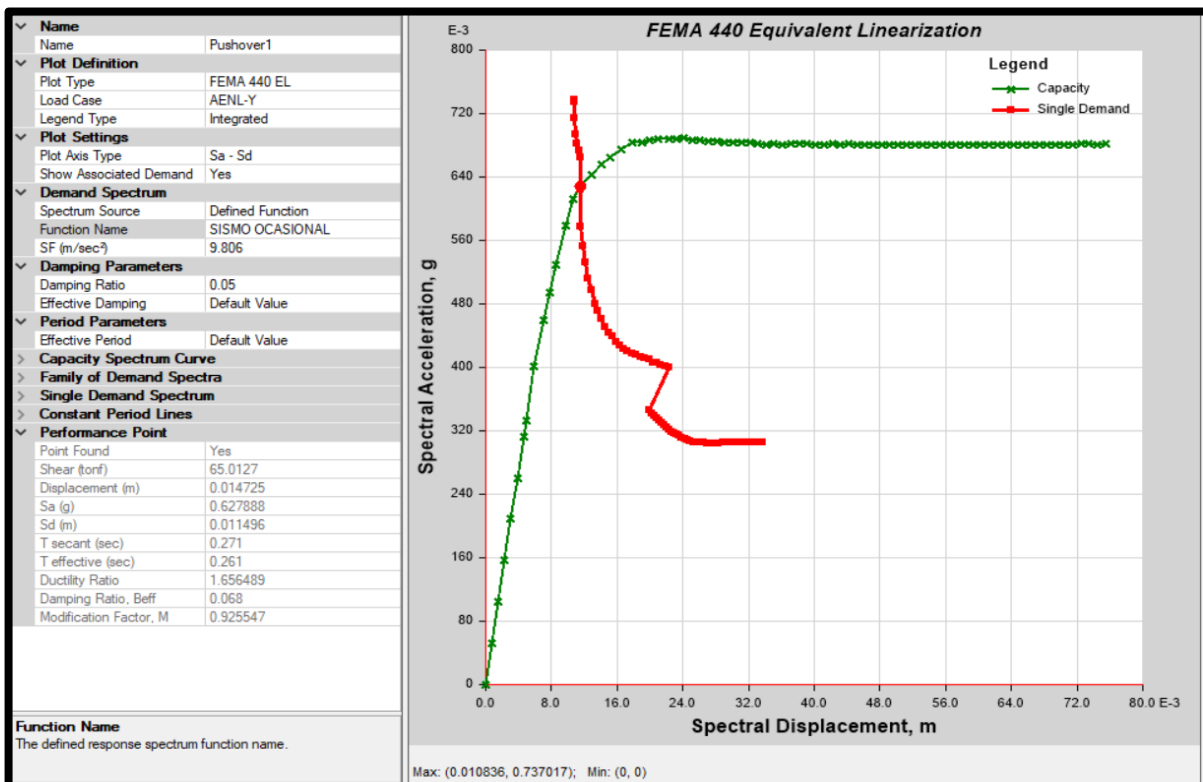


Figura 67: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Ocasional. Fuente: Elaboración propia, 2021

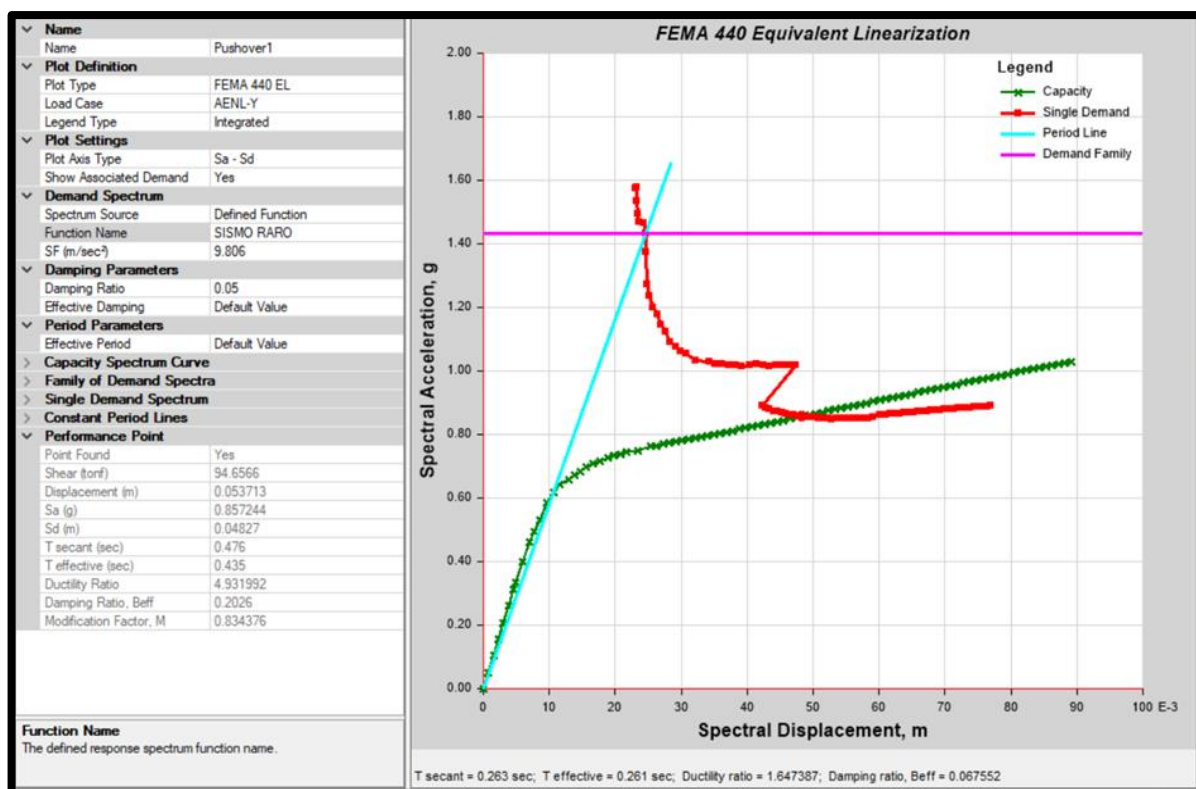


Figura 68: Punto de desempeño en la dirección Y para el Bloque 2-Módulo B ante un Sismo Raro. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los valores de las cortantes, punto de desempeño (desplazamiento espectral) y amortiguamiento efectivo de los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 11: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 1-Módulo A.

PUNTO DE DESEMPEÑO-MÓDULO A-BLOQUE 1						
DIRECCIÓN	SISMO	V(tn)	DESPLAZAMIENTO (m)	S <sub>a</sub> (g)	S <sub>d</sub> (m)	β <sub>eff</sub>
X	FRECUENTE	106.4263	0.0661	0.4726	0.0449	0.1214
	OCASIONAL	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
Y	FRECUENTE	162.864	0.067011	0.461099	0.035394	0.1392
	OCASIONAL	201.6472	0.106955	0.495399	0.058421	0.1722
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.

N.I.: No Interseca. Autoría propia.

Tabla 12: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 2-Módulo A.

PUNTO DE DESEMPEÑO-MÓDULO A-BLOQUE 2						
DIRECCIÓN	SISMO	V(tn)	DESPLAZAMIENTO (m)	S <sub>a</sub> (g)	S <sub>d</sub> (m)	β <sub>eff</sub>
X	FRECUENTE	78.7056	0.063308	0.429563	0.044356	0.1408
	OCASIONAL	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
Y	FRECUENTE	83.5553	0.015291	0.487384	0.009229	0.0923
	OCASIONAL	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.

N.I.: No Interseca. Autoría propia.

Tabla 13: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 1-Módulo B.

PUNTO DE DESEMPEÑO-MÓDULO B-BLOQUE 1						
DIRECCIÓN	SISMO	V(tn)	DESPLAZAMIENTO (m)	S <sub>a</sub> (g)	S <sub>d</sub> (m)	β <sub>eff</sub>
X	FRECUENTE	85.7311	0.08594	0.51286	0.05711	0.164
	OCASIONAL	106.9171	0.13895	0.64335	0.09492	0.1967
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
Y	FRECUENTE	132.8369	0.04705	0.48116	0.02852	0.1091
	OCASIONAL	165.2358	0.07737	0.61472	0.05027	0.1586
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.

N.I.: No Interseca. Autoría propia.

Tabla 14: Resumen de resultados de punto de desempeño en el Bloque 2-Módulo B.

PUNTO DE DESEMPEÑO-MÓDULO B-BLOQUE 2						
DIRECCIÓN	SISMO	V(tn)	DESPLAZAMIENTO (m)	S <sub>a</sub> (g)	S <sub>d</sub> (m)	β <sub>eff</sub>
X	FRECUENTE	31.4409	0.041942	0.46979	0.031187	0.1171
	OCASIONAL	43.1635	0.085999	0.63596	0.063114	0.1882
	RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
Y	FRECUENTE	50.9926	0.010142	0.49735	0.007792	0.054
	OCASIONAL	66.1022	0.014766	0.64219	0.011539	0.0689
	RARO	94.6566	0.053713	0.85724	0.04827	0.2026
	MUY RARO	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.

N.I.: No Interseca. Autoría propia.

### 3.12.6. ESTADOS DE DAÑO.

Con las ecuaciones 2-7, 2-8, 2-9 y 2-10 de la presente investigación, se determinó con la metodología de Lagomarsino y Penna los valores de los umbrales de daño basado en el desplazamiento espectral correspondiente a los puntos de la curva bilineal (capacidad de cedencia y capacidad última).

Tabla 15: Umbrales para los estados de daño.

MÓDULO	BLOQUE	DIRECCIÓN	ESTADOS DE DAÑO			
			LEVE $ds_1$	MODERADO $ds_2$	SEVERO $ds_3$	COMPLETO $ds_4$
A	1	X	0.01638	0.0234	0.036775	0.0769
		Y	0.01358	0.0194	0.040231	0.102724
	2	X	0.01246	0.0178	0.027749	0.057598
		Y	0.00406	0.0058	0.008756	0.017625
B	1	X	0.020986	0.02998	0.057188	0.13881
		Y	0.01386	0.0198	0.038838	0.09595
	2	X	0.01582	0.026	0.004564	0.114755
		Y	0.007	0.01	0.029788	0.089153

Autoría propia.

### 3.12.7. CURVAS DE FRAGILIDAD.

Con las ecuaciones 2-11, 2-12, 2-13, 2-14 y 2-15 de la presente investigación, se calculó y se graficó las curvas de fragilidad como funciones de distribución lognormal para cada bloque de cada módulo. También se graficó las intersecciones de los puntos de desempeño (desplazamiento espectral) obtenidos para cada sismo.

#### 1. Curvas de fragilidad para el Módulo A – Bloque 1.

A) Dirección X:

Tabla 16: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo A-Bloque 1

DUCTILIDAD ( $u_d$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
3.29	$\beta_{ds1}$	0.333
	$\beta_{ds2}$	0.414
	$\beta_{ds3}$	0.576
	$\beta_{ds4}$	0.745

Autoría propia.

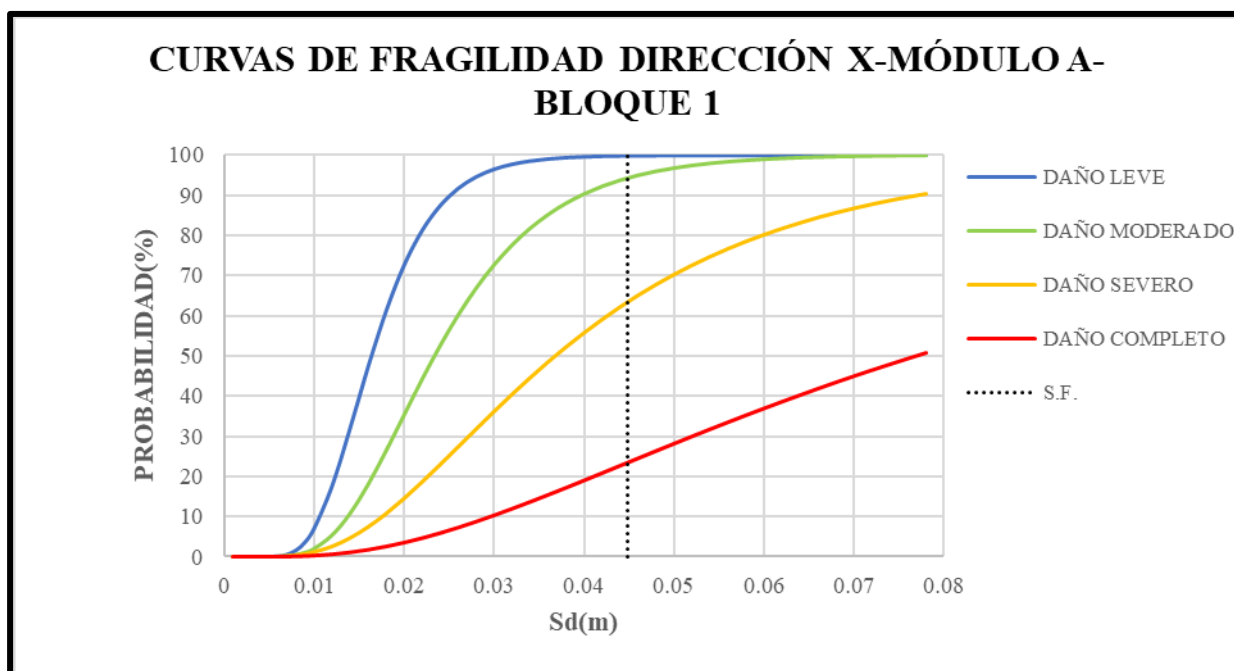


Figura 69: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 1-Módulo A. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 17: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo A-Dirección X.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	0.00%	5.80%	30.80%	39.50%	23.90%	100.00%

Autoría propia.

B) Dirección Y:

Tabla 18: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo A-Bloque 1

DUCTILIDAD ( $u_u$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
5.29	$\beta_{ds1}$	0.367
	$\beta_{ds2}$	0.500
	$\beta_{ds3}$	0.767
	$\beta_{ds4}$	0.983

Autoría propia.

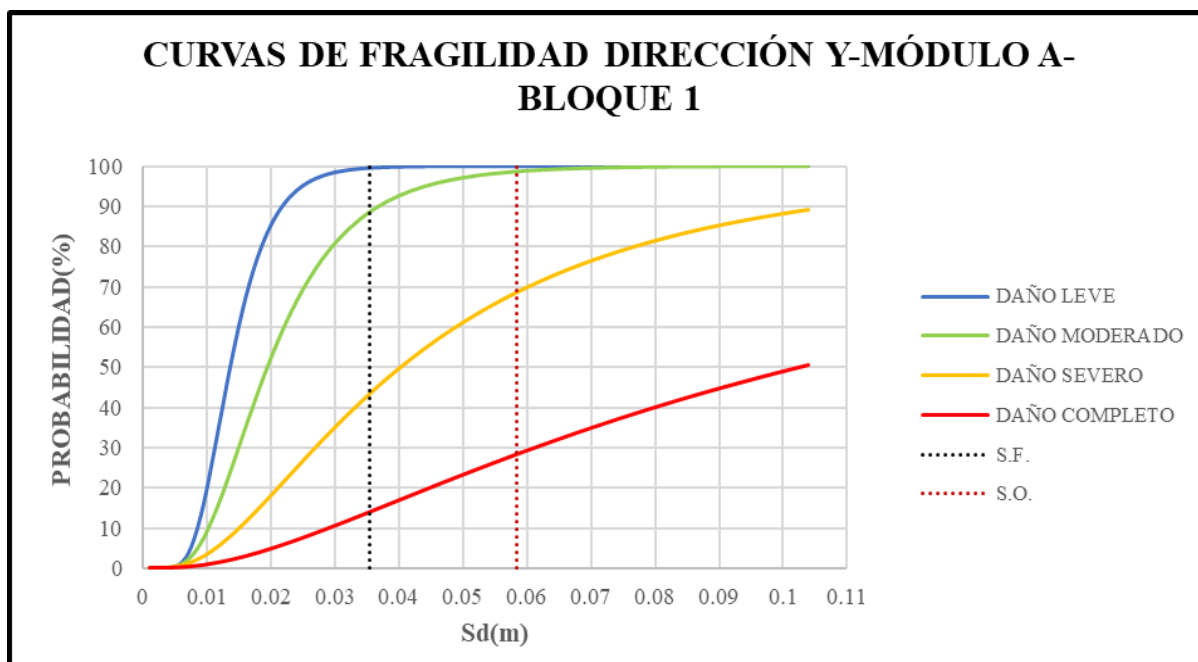


Figura 70: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 1-Módulo A. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 19: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo A-Dirección Y.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	0.00%	11.80%	44.75%	29.46%	13.99%	100.00%
OCASIONAL	0.00%	1.55%	29.95%	40.05%	28.45%	100.00%

Autoría propia.

## 2. Curvas de fragilidad para el Módulo A – Bloque 2.

A) Dirección X:

Tabla 20: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo A-Bloque 2

DUCTILIDAD ( $u_u$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
3.24	$\beta_{ds1}$	0.332
	$\beta_{ds2}$	0.411
	$\beta_{ds3}$	0.570
	$\beta_{ds4}$	0.737

Autoría propia.

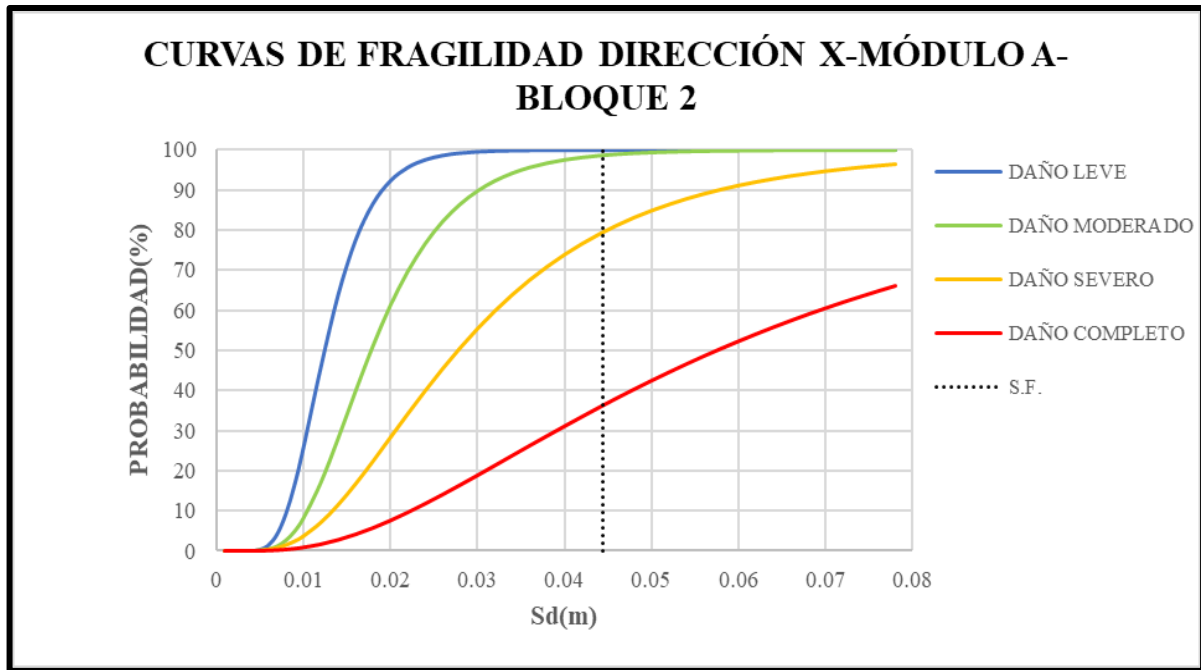


Figura 71: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 2-Módulo A. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 21: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo A-Dirección X.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	0.00%	1.50%	19.00%	43.51%	35.99%	100.00%

Autoría propia.

B) Dirección Y:

Tabla 22: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo A-Bloque 2

DUCTILIDAD ( $\mu_n$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
3.03	$\beta_{ds1}$	0.328
	$\beta_{ds2}$	0.400
	$\beta_{ds3}$	0.545
	$\beta_{ds4}$	0.706

Autoría propia.



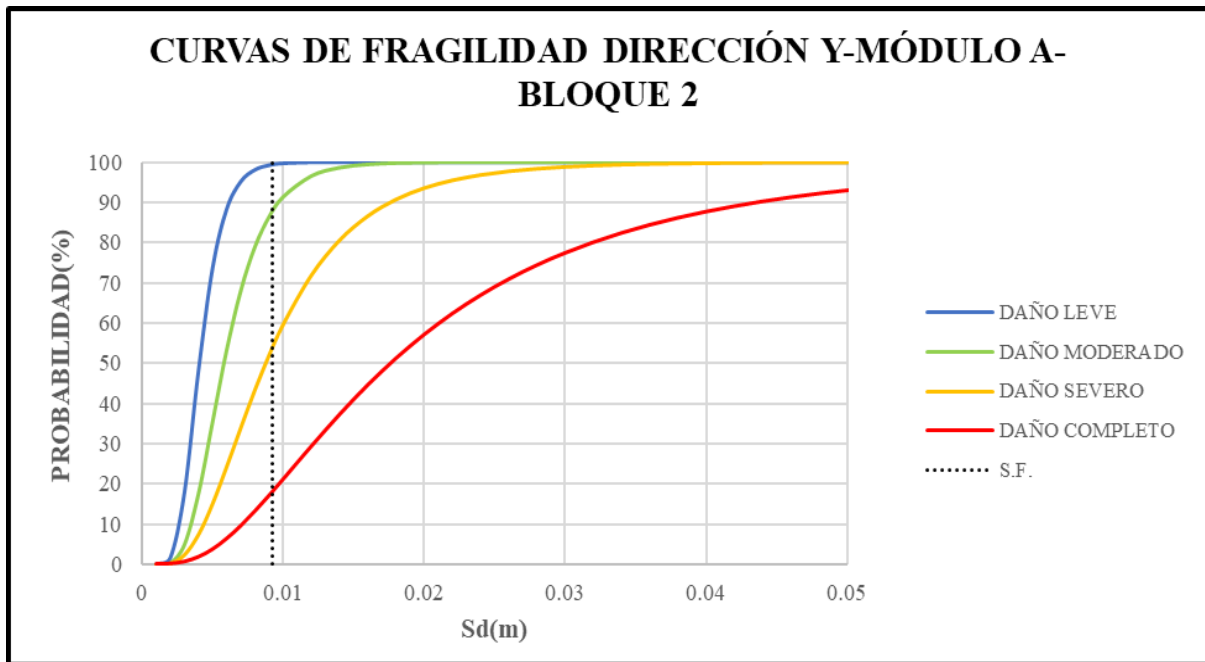


Figura 72: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 2-Módulo A. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 23: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo A-Dirección Y.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	0.00%	12.20%	33.90%	35.90%	18.00%	100.00%

Autoría propia.

### 3. Curvas de fragilidad para el Módulo B – Bloque 1.

A) Dirección X:

Tabla 24: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo B-Bloque 1

DUCTILIDAD ( $u_n$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
4.64	$\beta_{ds1}$	0.357
	$\beta_{ds2}$	0.476
	$\beta_{ds3}$	0.713
	$\beta_{ds4}$	0.916

Autoría propia.

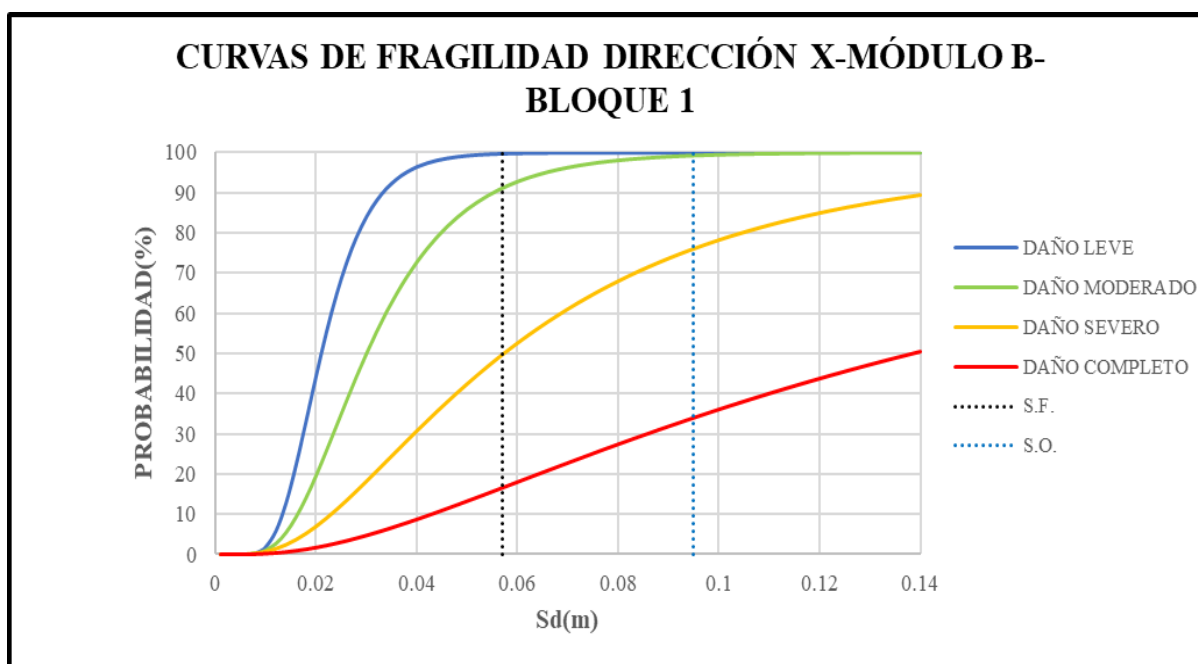


Figura 73: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 1-Módulo B. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 25: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo B-Dirección X.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	0.00%	8.95%	41.06%	33.39%	16.60%	100.00%
OCASIONAL	0.00%	0.00%	23.90%	42.30%	33.80%	100.00%

Autoría propia.

B) Dirección Y:

Tabla 26: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo B-Bloque 1

DUCTILIDAD ( $u_u$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
4.85	$\beta_{ds1}$	0.360
	$\beta_{ds2}$	0.484
	$\beta_{ds3}$	0.731
	$\beta_{ds4}$	0.939

Autoría propia.

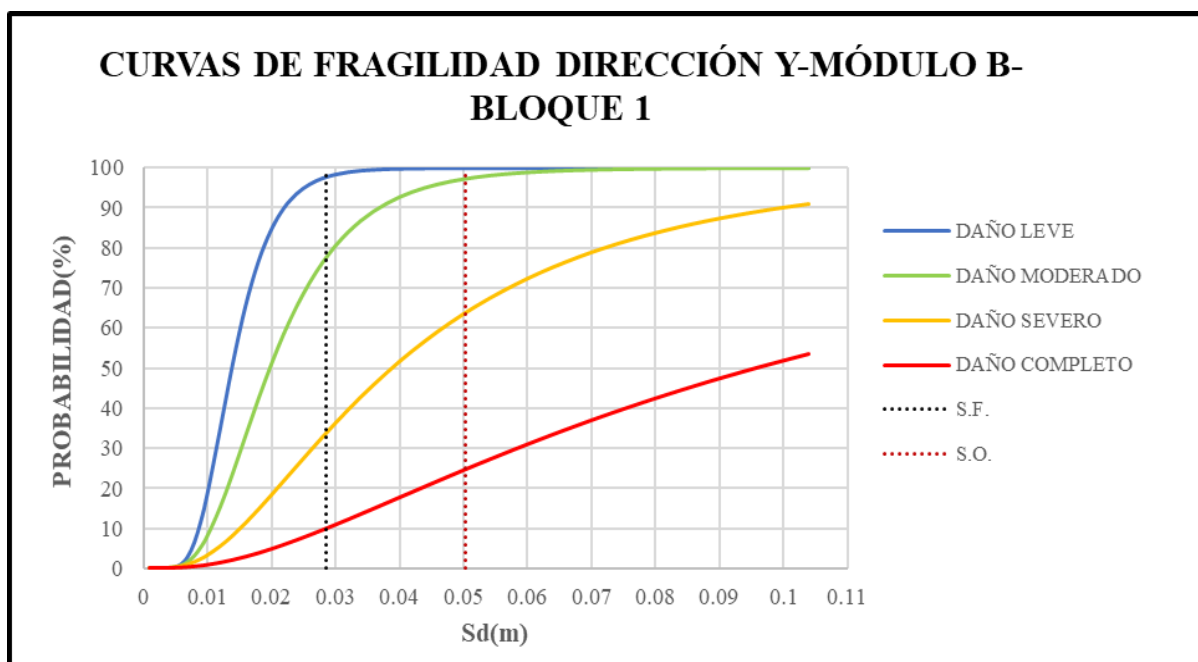


Figura 74: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 1-Módulo B. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 27: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 1-Módulo B-Dirección Y.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	2.40%	20.60%	43.50%	23.50%	10.00%	100.00%
OCASIONAL	0.00%	2.95%	33.45%	39.20%	24.40%	100.00%

Autoría propia.

#### 4. Curvas de fragilidad para el Módulo B – Bloque 2.

A) Dirección X:

Tabla 28: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección X-Módulo B-Bloque 2

DUCTILIDAD ( $u_w$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
5.08	$\beta_{ds1}$	0.364
	$\beta_{ds2}$	0.492
	$\beta_{ds3}$	0.750
	$\beta_{ds4}$	0.962

Autoría propia.

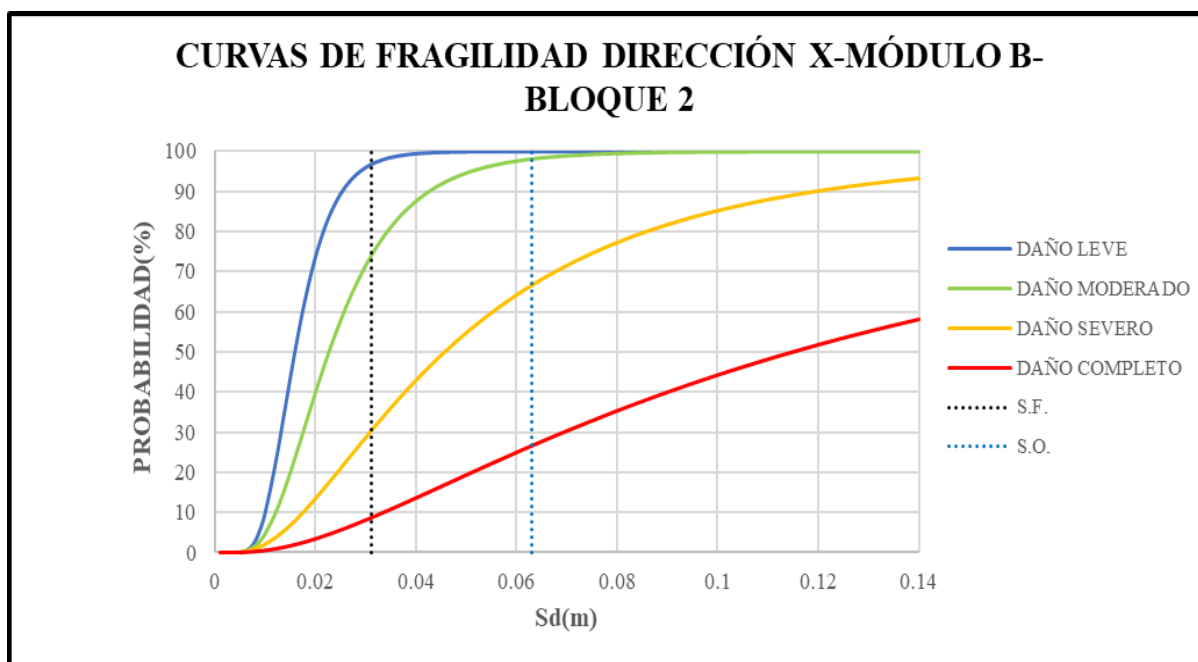


Figura 75: Curvas de Fragilidad en la dirección X del Bloque 2-Módulo B. Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra la probabilidad de que ocurra un daño en los bloques en estudio para cada evento sísmico.

Tabla 29: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo B-Dirección X.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	2.80%	22.40%	44.70%	21.30%	8.80%	100.00%
OCASIONAL	0.00%	1.50%	31.50%	40.10%	26.90%	100.00%

Autoría propia.

B) Dirección Y:

Tabla 30: Parámetros para realizar las curvas de fragilidad en la dirección Y-Módulo B-Bloque 2

DUCTILIDAD ( $u_w$ )	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
8.92	$\beta_{ds1}$	0.403
	$\beta_{ds2}$	0.594
	$\beta_{ds3}$	0.975
	$\beta_{ds4}$	1.244

Autoría propia.

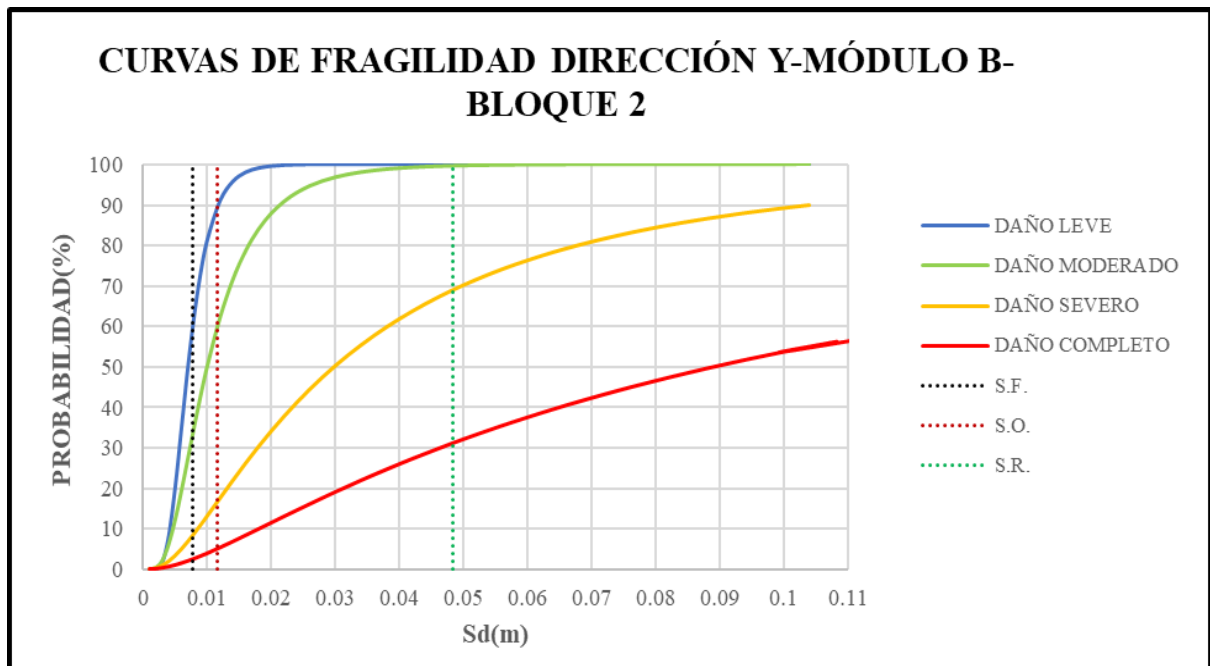


Figura 76: Curvas de Fragilidad en la dirección Y del Bloque 2-Módulo B. Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 31: Probabilidades de daño sísmico para el Bloque 2-Módulo B-Dirección Y.

SISMO	NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO	COMPLETO	TOTAL
FRECUENTE	39.80%	24.70%	27.10%	5.90%	2.50%	100.00%
OCASIONAL	11.50%	30.10%	41.90%	11.60%	4.90%	100.00%
RARO	0.00%	0.00%	31.00%	38.00%	31.00%	100.00%

Autoría propia.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. CORTANTE MÁXIMA Y DESPLAZAMIENTO MÁXIMO OBTENIDO DE LA CURVA DE CAPACIDAD**

- La tabla 9 muestra los valores de la cortante máxima y del desplazamiento máximo de las curvas de capacidad que se encuentran en las figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34. Se puede llegar a interpretar que para el caso de la dirección X del Bloque 1 - Módulo A del Centro de Salud Asunción, el nudo de control ubicado en el último nivel de la estructura soportó una cortante máxima de 135.38 tn y un desplazamiento máximo de 11.24 cm.

### **4.2. PUNTOS DE CAPACIDAD DE CEDENCIA Y CAPACIDAD ÚLTIMA**

- La tabla 10 muestra los valores de capacidad de cedencia ( $S_{ay}$ ,  $S_{dy}$ ) y capacidad última ( $S_{au}$ ,  $S_{du}$ ), obtenidas de las curvas bilineales, el cual nos sirvió para determinar la ductilidad de la estructura con la ecuación 2-5 de la presente investigación, y también los estados de daño para elaborar las curvas de fragilidad.

### **4.3. PUNTO DE DESEMPEÑO**

- La tabla 11 muestra que en la dirección X, un sismo frecuente generó un desplazamiento de 6.61 cm, mientras que en la dirección Y un sismo frecuente generó un desplazamiento de 6.70 cm y un sismo ocasional produce un desplazamiento de 10.70 cm. En los sismos raro y muy raro no hay intersección por lo que el Bloque 1 del Módulo A colapsaría ante dichas demandas.
- La tabla 12 muestra que en la dirección X, un sismo frecuente generó un desplazamiento de 6.33 cm, mientras que en la dirección Y un sismo frecuente generó un desplazamiento de 1.52 cm. En el sismo ocasional, raro y muy raro no hay intersección por lo que el Bloque 2 del Módulo A colapsaría ante dichas demandas.
- La tabla 13 muestra que en la dirección X, un sismo frecuente generó un desplazamiento de 8.59 cm y un sismo ocasional generó un desplazamiento de 13.89 cm, mientras que en la dirección Y un sismo frecuente generó un desplazamiento de 4.70 cm y un sismo ocasional generó un desplazamiento de 7.73 cm. En el sismos raro y muy raro no hay intersección por lo que el Bloque 1 del Módulo B colapsaría ante dichas demandas.
- La tabla 14 muestra que en la dirección X, un sismo frecuente generó un desplazamiento de 4.19 cm y un sismo ocasional generó un desplazamiento de 8.59 cm, mientras que en la dirección Y un sismo frecuente generó un desplazamiento de 1.01 cm, un sismo ocasional generó un desplazamiento de 1.47 cm y un Sismo Raro produce un desplazamiento de 5.37

cm. En el sismo raro y muy raro para la dirección X, y sismo muy raro para la dirección Y no hay intersección por lo que el Bloque 2 del Módulo B colapsaría ante dichas demandas.

#### **4.4. PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO**

- La tabla 17 muestra que en la dirección X, existe una probabilidad de 5.80% de daños leves, 30.80% de daños moderados, 39.50% de daños severos y 23.90% de daños completos, cuando el Bloque 1 del Módulo A tenga un desplazamiento espectral de 0.0449m debido a un Sismo Frecuente.
- La tabla 19 muestra que en la dirección Y, existe una probabilidad de 11.80% de daños leves, 44.75% de daños moderados, 29.46% de daños severos y 13.99% de daños completos cuando el Bloque 1 del Módulo A tenga un desplazamiento espectral de 0.0354m debido a un Sismo Frecuente. Así mismo, la tabla 19 muestra que existe una probabilidad de 1.55% de daños leves, 29.95% de daños moderados, 40.05% de daños severos y 28.45% de daños completos, cuando el Bloque 1 del Módulo A tenga un desplazamiento espectral de 0.0584m debido a un Sismo Ocasional.
- La tabla 21 muestra que en la dirección X, existe una probabilidad de 1.50% de daños leves, 19.00% de daños moderados, 43.51% de daños severos y 35.99% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo A tenga un desplazamiento espectral de 0.0444m debido a un Sismo Frecuente.
- La tabla 23 muestra que en la dirección Y, existe una probabilidad de 12.20% de daños leves, 33.90% de daños moderados, 35.90% de daños severos y 18.00% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo A tenga un desplazamiento espectral de 0.00923m debido a un Sismo Frecuente.
- La tabla 25 muestra que en la dirección X, existe una probabilidad de 8.95% de daños leves, 41.06% de daños moderados, 33.39% de daños severos y 16.60% de daños completos, cuando el Bloque 1 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0571m debido a un Sismo Frecuente. Así mismo, la tabla 25 muestra que existe una probabilidad de 23.90% de daños moderados, 42.30% de daños severos y 33.80% de daños completos, cuando el Bloque 1 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0949m debido a un Sismo Ocasional.
- La tabla 27 muestra que en la dirección Y, existe una probabilidad de 2.40% de producirse nada de daños, 20.60% de daños leves, 43.50% de daños moderados, 23.50% de daños severos y 10.00% de daños completos cuando el Bloque 1 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.02851m debido a un Sismo Frecuente. Así mismo, la tabla

27 muestra que existe una probabilidad de 2.95% de daños leves, 33.45% de daños moderados, 39.20% de daños severos y 24.40% de daños completos, cuando el Bloque 1 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0503m debido a un Sismo Ocasional.

- La tabla 29 muestra que en la dirección X, existe una probabilidad de 2.80% de producirse nada de daños, 22.40% de daños leves, 44.70% de daños moderados, 21.30% de daños severos y 8.80% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0312m debido a un Sismo Frecuente. Así mismo, la tabla 29 muestra que existe una probabilidad de 1.50% de daños leves, 31.50% de daños moderados, 40.10% de daños severos y 26.90% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0631m debido a un Sismo Ocasional.
- La tabla 31 muestra que en la dirección Y, existe una probabilidad de 39.80% de no haber nada de daño, 24.70% de daños leves, 27.10% de daños moderados, 5.90% de daños severos y 2.50% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0077m debido a un Sismo Frecuente. Así mismo, la tabla 31 muestra que en la dirección Y, existe una probabilidad de 11.50% de producirse nada de daños, 30.10% de daños leves, 41.90% de daños moderados, 11.60% de daños severos y 4.90% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0115m debido a un Sismo Ocasional, finalmente la tabla 31 muestra que existe una probabilidad de 31.00% de daños moderados, 38.00% de daños severos y 31.00% de daños completos, cuando el Bloque 2 del Módulo B tenga un desplazamiento espectral de 0.0483m debido a un Sismo Raro.



## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La hipótesis es negativa porque los daños más probables ante un SISMO RARO en los Módulos A y B del Centro de Salud Asunción son daños SEVEROS Y COMPLETOS. Además, se llegó a concluir que:

#### **Módulo A.**

- Para un Sismo Frecuente, los daños sísmicos más probables en el Bloque 1 son daños severos y moderados con 39.5% y 44.75% de probabilidad en la dirección X e Y respectivamente, mientras que en el Bloque 2 el daño más probable es el daño severo en las direcciones X e Y con una probabilidad de 43.51% y 35.9% respectivamente.
- Para un Sismo Ocasional, los daños sísmicos más probables en el Bloque 1 son daños completos en la dirección X y daños severos en la dirección Y con 40.05% de probabilidad, mientras que en el Bloque 2 presentaría daños completos en las direcciones X e Y, ya que dicha estructura no presenta un punto de desempeño.
- Para un Sismo Raro y Muy Raro, el daño sísmico más probable en ambos bloques y en ambas direcciones de análisis es el daño completo, ya que dicha estructura no presenta un punto de desempeño.

#### **Módulo B.**

- Para un Sismo Frecuente, el daño sísmico más probable en el Bloque 1 son daños moderados para las direcciones X e Y con una probabilidad de 41.06% y 43.5% respectivamente, mientras que en el Bloque 2 los daños sísmicos más probables son daños moderados y daño nulo con 44.7% y 39.8% de probabilidad en la dirección X e Y respectivamente.
- Para un Sismo Ocasional, el daño sísmico más probable en el Bloque 1 son daños severos para las direcciones X e Y con una probabilidad de 42.3% y 39.1% respectivamente, mientras que en el Bloque 2 los daños sísmicos más probables son daños severos y moderados con 40.1% y 41.9% de probabilidad en la dirección X e Y respectivamente.
- Para un Sismo Raro, el daño sísmico más probable en el Bloque 1 son daños completos en la dirección X e Y, ya que dicha estructura no presenta un punto de desempeño,

mientras que en el Bloque 2 presentaría daños completos en la dirección X y daños severos en la dirección Y con 38% de probabilidad.

- Para un Sismo Muy Raro, los daños sísmicos más probables en ambos bloques y en ambas direcciones de análisis es de daño completo, ya que dicha estructura no presenta un punto de desempeño.
- Por otro lado, el daño menos probable para los Módulos A y B del Centro de Salud Asunción es el daño nulo entre 0%-2.8% de probabilidad para Sismos Frecuentes, Ocasionales y Raros.
- Los resultados obtenidos mostraron que los módulos son muy vulnerables porque llegan a tener daños severos y completos (colapso).

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda incluir registros de sismos para determinar el espectro de respuesta, ya que daría resultados más certeros con el objetivo de predecir el comportamiento estructural.
- Para simular la respuesta inelástica en las columnas, se recomienda modelarlo mediante el modelo de plasticidad distribuida del tipo fibra, donde las rótulas estarán distribuidas a lo largo del elemento estructural.
- Para futuras investigaciones se recomienda generar las curvas de fragilidad con otros parámetros sísmicos (PGA, drift, etc.).

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. (2018). *Determinación de la seguridad sísmica en escuelas del distrito de Cajamarca por el Método de Espectro de Capacidad* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- ASCE/SEI 41-17 (2019). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia, Estados Unidos.
- Bonnet, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada* (tesis doctoral). Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona. España.
- Bravo, A., y Montenegro, E. (2018). *Evaluación del desempeño sísmico de los bloques B y C del conjunto multifamiliar Colibrí ubicado en la ciudad de Chiclayo* (tesis de pregrado). Universidad nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque, Perú.
- ACI 116R (2000). *Cement and concrete terminology*. Estados Unidos.
- Chavesta, E. (2019). *Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporticada de 5 pisos en la ciudad de Lima* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.
- Choqueza, W., y Molluni, J. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito de Ocuwiri, provincia de Lampa. Región Puno-2017* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Duarte, C., Martínez, M., y Santamaria, J. (2017). *Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad del El Salvador* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Estela, J. (2019). *Efecto del cálculo de curvas de fragilidad para la evaluación de vulnerabilidad sísmica del puente carretero Sánchez Cerro-Piura-2018* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Flores, T. (2003). *Estudio del control de rótulas plásticas en pórticos de concreto armado* (tesis de postgrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Gonzáles, F. (2017). *Vulnerabilidad sísmica del edificio 1-I de la Universidad Nacional de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú
- INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ. (2014). *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú*. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe>

- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca*. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe>
- Intor, K., y Martos, C. (2017). *Desempeño Sísmico del Módulo “A” de la I.E. San Ramón en la ciudad de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
- López, S., y Rodríguez, C. (2018). *Construcción de curvas de fragilidad para viviendas unifamiliares de muros de ductilidad limitada* (tesis de postgrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Mamani, E. (2018). *Determinación del nivel de desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Mander, J.B., Priestley, M.J. y Park, J. (1988). Theoretical stress-strain model for confined concrete. *Structural Engineer*, 114(8), 1804-1826.
- Medina, R., y Music, J. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Obras y Proyectos*, 23, 63-77.
- Montalvo, O. (2014). *Estimación de pérdida por sismo mediante curvas de fragilidad aplicado a la “Biblioteca Central de la UNSCH”* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Moreno, R. y Bairán, J. (2010). Curvas de fragilidad para evaluar el daño sísmico en edificios de concreto armado con losa reticulares. *Revista de la Facultad de ingeniería U.C.V.*, 25(4), 61-71.
- Moreno, R., Bairán, J., Pujades, L., Aparicio, A. y Barbat, A. (2004). Evaluación probabilista del comportamiento sísmico de edificios porticados de hormigón armado. *ResearchGate*, 125-136.
- National Institute of Standards and Technology. (2010). *Nonlinear Structural Analysis for Seismic Desing*.
- Paredes, F. (2018). *Probabilidad de daño sísmico de la I.E. 82088 La Huaylla de la ciudad de San Marcos-Cajamarca, 2018* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Park, R. y Paulay, T. (1988). *Estructuras de Concreto Reforzado*. Limusa.

- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2018). *Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”*. Lima, Perú: Megabyte.
- Saldaña, E. (2019). *Efecto del cálculo de curvas de fragilidad para la evaluación de vulnerabilidad sísmica del puente carretero Sánchez Cerro-Piura-2018*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Salguera, G. (2015). *Estudio de vulnerabilidad sísmica mediante la revisión de capacidad de resistencia y el método estático no lineal para el Palacio Municipal de Ciudad Sandino, Managua* (tesis de pregrado). Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.
- Sáenz, U. (2019). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas-edificio administrativo de la Universidad Nacional del Centro del Perú* (tesis de pregrado). Universidad del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- SEAOC. (1995). *A Framework for Performance Based Design*. Vision 2000 Committee. Structural Engineers Association of California. Sacramento, California.
- Vargas, Y. (2013). *Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España.
- Vargas, Y., Pujades, L., Barbat, A. y Hurtado, J. (2011). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *ELSEVIER DOYMA*, 29(2), 63-78.
- Vergara, V., y Zevallos, M. (2014). *Análisis Sísmico por Desempeño Estático No Lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo, La Libertad* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú
- Vielma, J., Barrios, A. y Alfaro, A. (2014). Determinación de curvas de fragilidad mediante análisis incremental dinámico. *ResearchGate*, 171-186. doi: 10.5335/rsee. v11i1.4463

## ANEXOS

### ANEXOS N°01: METRADO DE CARGAS

#### MÓDULO A-BLOQUE 1

##### 1. LOSA ALIGERADA:

##### 1.1.CARGA MUERTA:

Tabla 32: Carga muerta de la losa aligerada.

PISO	CARGA MUERTA (kg/m <sup>2</sup> )		
	Losa Aligerada Unidireccional e=20cm		
Planta Baja	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Peso del ladrillo (kg/m <sup>2</sup> )	Carga Muerta (kg/m <sup>2</sup> )
	100	90	190

Nota: Estos valores se ingresaron al programa Etabs.

Tabla 33: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
Techo	A	3-5	300.00	50.00	1.375	481.25
	B	3-5	300.00	50.00	2.75	962.50
	C	3-5	300.00	50.00	2.75	962.50
	D	3-5	300.00	50.00	2.75	962.50
	E	3-5	300.00	50.00	2.75	962.50
	F	3-5	300.00	50.00	3.05	1067.50
	G	3-5	300.00	50.00	1.675	586.25

Autoría propia.

## 1.2. CARGA VIVA:

Tabla 34: Carga viva de la losa aligerada.

CARGA VIVA (kg/m <sup>2</sup> )			
PISO	Ambientes	Circulación	Tabiquería altura completa
	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )
<b>Planta Baja</b>	300	400	100
<b>Planta Alta</b>	100	100	50

Fuente: Expediente técnico.

Tabla 35: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
<b>Techo</b>	A	3-5	100.00	1.375	137.50
	B	3-5	100.00	2.75	275.00
	C	3-5	100.00	2.75	275.00
	D	3-5	100.00	2.75	275.00
	E	3-5	100.00	2.75	275.00
	F	3-5	100.00	3.05	305.00
	G	3-5	100.00	1.675	167.50

Autoría propia.

## 2. MUROS:

### 2.1. VIGAS PRINCIPALES:

#### 2.1.1. CARGA MUERTA:

Tabla 36: Carga muerta distribuida en las vigas principales.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)
<b>Planta Baja</b>	A	3-4	1800.00	0.15	1.80	486.00
		4-5	1800.00	0.15	1.35	364.50
		5-6	1800.00	0.15	1.80	486.00
	C	3-4	1800.00	0.15	2.60	702.00
		3-4	1800.00	0.15	2.60	702.00
	D	5-6	1800.00	0.15	2.60	702.00
		3-4	1800.00	0.15	2.60	702.00
	E	3-4	1800.00	0.15	2.60	702.00
	F	3-4	1800.00	0.15	2.60	702.00
		5-6	1800.00	0.15	2.60	702.00

					0.51	137.70
		3-4	1800.00	0.15	2.15	580.50
					1.33	359.10
<b>Planta</b>					2.28	615.60
<b>Alta</b>	F	4-5	1800.00	0.15	2.69	726.30
					3.10	837.00
					0.46	124.20
		5-6	1800.00	0.15	1.21	326.70
					1.95	526.50

Autoría propia.

## 2.2.VIGAS SECUNDARIAS:

### 2.2.1. CARGA MUERTA:

Tabla 37: Carga muerta distribuida en las vigas secundarias.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)
		A-B	1800.00	0.15	2.60	702.00
	3	B-F	1800.00	0.15	1.35	364.50
		F-G	1800.00	0.15	2.60	702.00
		A-B	1800.00	0.15	2.60	702.00
	4	C-D	1800.00	0.15	2.60	702.00
		E-F	1800.00	0.15	2.60	702.00
<b>Planta</b>	5	B-C	1800.00	0.15	1.90	513.00
<b>Baja</b>		A-B	1800.00	0.15	1.35	364.50
		B-C	1800.00	0.15	1.35	364.50
	6	C-D	1800.00	0.15	1.35	364.50
		D-E	1800.00	0.15	1.80	486.00
		D-F	1800.00	0.15	1.80	486.00

Autoría propia.



## MÓDULO A-BLOQUE 2

### 1. LOSA ALIGERADA:

#### 1.1.CARGA MUERTA:

Tabla 38: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
<b>Techo</b>	H	5-6	300.00	50.00	1.72	602.00
		4-5	300.00	50.00	2.26	791.00
		3-4	300.00	50.00	2.81	983.50
	I	5-6	300.00	50.00	4.08	1428.00
		4-5	300.00	50.00	4.11	1438.50
		4-3	300.00	50.00	4.11	1438.50
	J	5-6	300.00	50.00	3.99	1396.50
		4-5	300.00	50.00	3.48	1218.00
		1-4	300.00	50.00	2.81	983.50
	K	5-6	300.00	50.00	3.25	1137.50
		4-5	300.00	50.00	3.25	1137.50
		1-4	300.00	50.00	3.25	1137.50
	L	5-6	300.00	50.00	2.68	938.00
		4-5	300.00	50.00	2.68	938.00
		1-4	300.00	50.00	2.68	938.00
	M	5-6	300.00	50.00	1.675	586.25
		4-5	300.00	50.00	1.675	586.25
		1-4	300.00	50.00	1.675	586.25

Autoría propia.

#### 1.2.CARGA VIVA:

Tabla 39: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
<b>Techo</b>	H	5-6	100.00	1.72	172.00
		4-5	100.00	2.26	226.00
		3-4	100.00	2.81	281.00
	I	5-6	100.00	4.08	408.00
		4-5	100.00	4.11	411.00
		4-3	100.00	4.11	411.00
	J	5-6	100.00	3.99	399.00
		4-5	100.00	3.48	348.00
		1-4	100.00	2.81	281.00
	K	5-6	100.00	3.25	325.00
		4-5	100.00	3.25	325.00
		1-4	100.00	3.25	325.00
	L	5-6	100.00	2.68	268.00
		4-5	100.00	2.68	268.00
		1-4	100.00	2.68	268.00
	M	5-6	100.00	1.675	167.50
		4-5	100.00	1.675	167.50
		1-4	100.00	1.675	167.50

Autoría propia.

## 2. MUROS:

### 2.1.CARGA MUERTA:

Tabla 40: Carga muerta distribuida en las vigas principales.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)
Planta Alta	I, J, K, L	6-5	1800.00	0.15	0.31	83.70
					1.12	302.40
					1.93	521.10
		0.51			137.70	
		4-3			1.3	351.00
					2.11	569.70
	0.31		83.70			
	M	6-5	1800.00	0.15	1.12	302.40
					1.93	521.10
					0.51	137.70
		4-3			1.3	351.00
					2.11	569.70
2.33					629.10	
5-4	1800.00	0.15	2.74	739.80		
			3.11	839.70		

Autoría propia.

## MÓDULO B-BLOQUE 1

### 1. LOSA ALIGERADA:

#### 1.1. CARGA MUERTA:

Tabla 41: Carga muerta de la losa aligerada.

PISO	CARGA MUERTA (kg/m <sup>2</sup> )		
	Losa Aligerada Unidireccional e=20cm		
Planta Baja	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Peso del ladrillo (kg/m <sup>2</sup> )	Carga Muerta (kg/m <sup>2</sup> )
	100	90	190

Nota: Estos valores se ingresarán al programa Etabs.

Tabla 42: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
<b>Techo</b>	A	7-15	300.00	50.00	1.375	481.25
	B	7-15	300.00	50.00	2.75	962.50
	C	7-15	300.00	50.00	2.75	962.50
	D	7-15	300.00	50.00	2.75	962.50
	E	7-15	300.00	50.00	1.375	481.25

Autoría propia.

## 1.2. CARGA VIVA:

Tabla 43: Carga viva de la losa aligerada.

<b>CARGA VIVA (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
<b>PISO</b>	<b>Ambientes (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Circulación (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tabiquería altura completa (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Planta Baja</b>	300	400	100
<b>Planta Alta</b>	100	100	50

Fuente: Expediente técnico.

Tabla 44: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
<b>Techo</b>	A	7-15	100.00	1.375	137.50
	B	7-15	100.00	2.75	275.00
	C	7-15	100.00	2.75	275.00
	D	7-15	100.00	2.75	275.00
	E	7-15	100.00	1.375	137.50

Autoría propia.

## 2. MUROS:

### 2.1. VIGAS PRINCIPALES:

#### 2.1.1. CARGA MUERTA:

Tabla 45: Carga muerta distribuida en las vigas principales.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)		
<b>Planta Baja</b>	A	7-10	1800.00	0.15	2.65	715.50		
		10-12	1800.00	0.15	1.35	364.50		
		12-14	1800.00	0.15	2.65	715.50		
	C	7-10	1800.00	0.15	2.65	715.50		
		12-14	1800.00	0.15	2.65	715.50		
	D	7-10	1800.00	0.15	2.65	715.50		
		E	7-10	1800.00	0.15	2.65	715.50	
			12-14	1800.00	0.15	2.65	715.50	
<b>Planta Alta</b>	A, B, C, D, E	7-10	1800.00	0.15	1.55	418.50		
					0.78	210.60		
		2.50			675.00			
		2.09			564.30			
	10-12	1.89	1800.00	0.15	510.30			
					1.60	432.00		
		12-14			0.78	1800.00	0.15	210.60
								0.78

Autoría propia.

## 2.2. VIGAS SECUNDARIAS:

### 2.2.1. CARGA MUERTA:

Tabla 46: Carga muerta distribuida en las vigas secundarias.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)
<b>Planta Baja</b>	7	A-B	1800.00	0.15	1.80	486.00
		B-C	1800.00	0.15	1.35	364.50
		C-E	1800.00	0.15	1.80	486.00
	10	B-C	1800.00	0.15	2.65	715.50
		C-D	1800.00	0.15	2.65	715.50
		D-E	1800.00	0.15	2.65	715.50
	12	A-B	1800.00	0.15	2.65	715.50
		C-D	1800.00	0.15	2.65	715.50
			1800.00	0.15	2.65	715.50
		14	A-E	1800.00	0.15	1.35

Autoría propia.

## MÓDULO B-BLOQUE 2

### 1. LOSA ALIGERADA:

#### 1.1.CARGA MUERTA:

Tabla 47: Carga muerta distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>2</sup> )	Acabados (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
Techo	F	15-7	300.00	50.00	1.39	486.50
	G	15-7	300.00	50.00	2.89	1011.50
	H	15-7	300.00	50.00	1.5	525.00

Autoría propia.

#### 1.2.CARGA VIVA:

Tabla 48: Carga viva distribuida de la losa aligerada para las vigas principales del techo.

Piso	Eje	Tramo	S/C (kg/m <sup>2</sup> )	Ancho de influencia (m)	Carga (kg/m)
Techo	F	15-7	100.00	1.39	139.00
	G	15-7	100.00	2.89	289.00
	H	15-7	100.00	1.5	150.00

Autoría propia.

## 2. MUROS:

### 2.1.CARGA MUERTA:

Tabla 49: Carga muerta distribuida en las vigas principales.

Piso	Eje	Tramo	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	Altura del muro (m)	Carga (kg/m)
Planta Alta	F, G, H	7-10	1800.00	0.15	1.55	418.50
					0.78	210.60
		0.00			0.00	
		2.50			675.00	
		2.09			564.30	
		1.68			453.60	
		1.55			418.50	
		0.78			210.60	
		0.00			0.00	
		12-15			1800.00	0.15
			0.00	0.00		

Autoría propia.

## ANEXOS N°02: CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS BILINEALES

Para validar la curva bilineal, el error entre área de la curva original y el área de la curva bilineal tiene que ser menor a 1%.

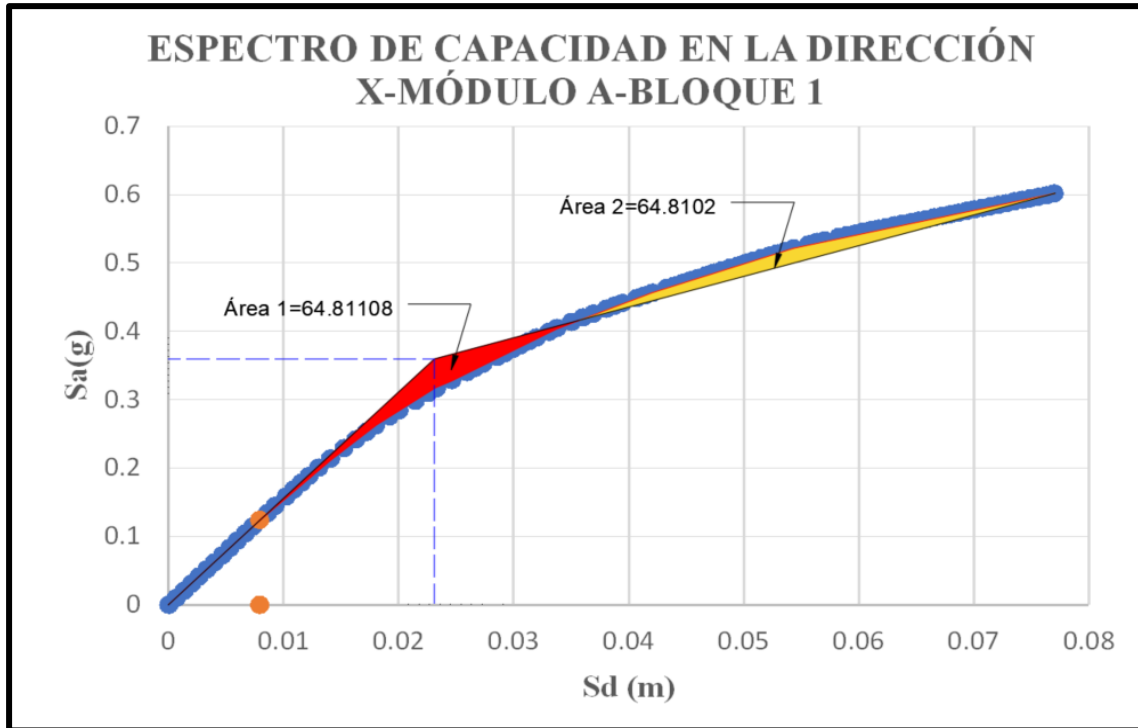


Figura 77: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 1 en la dirección X.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

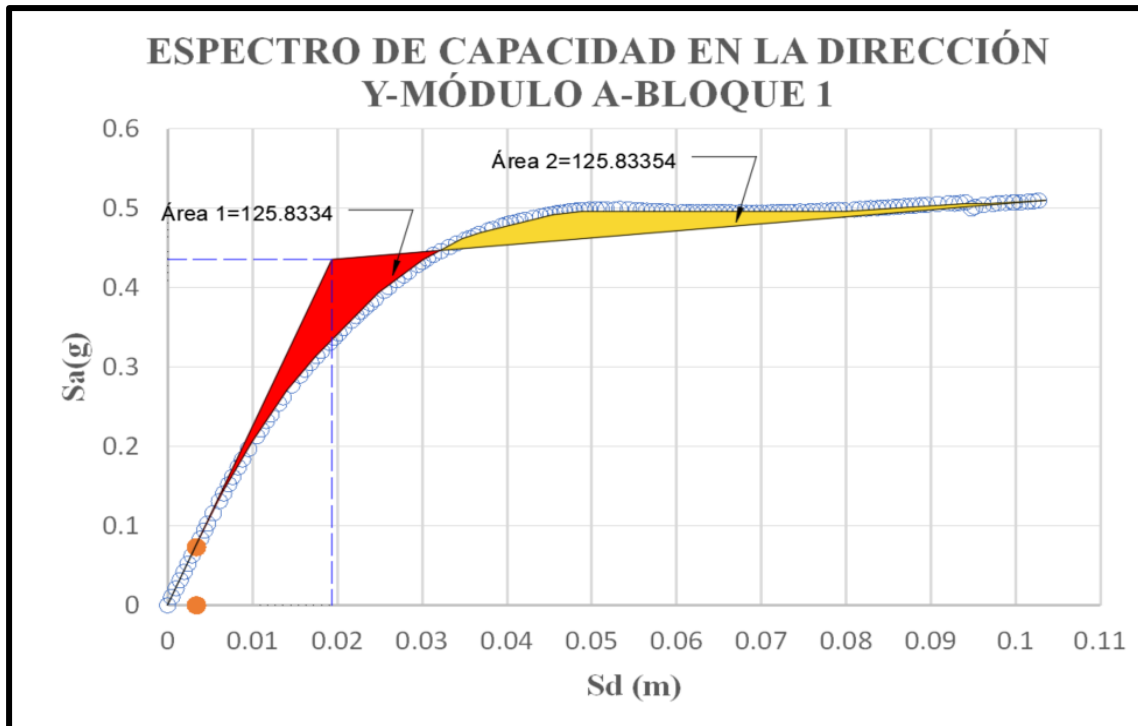


Figura 78: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 1 en la dirección Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

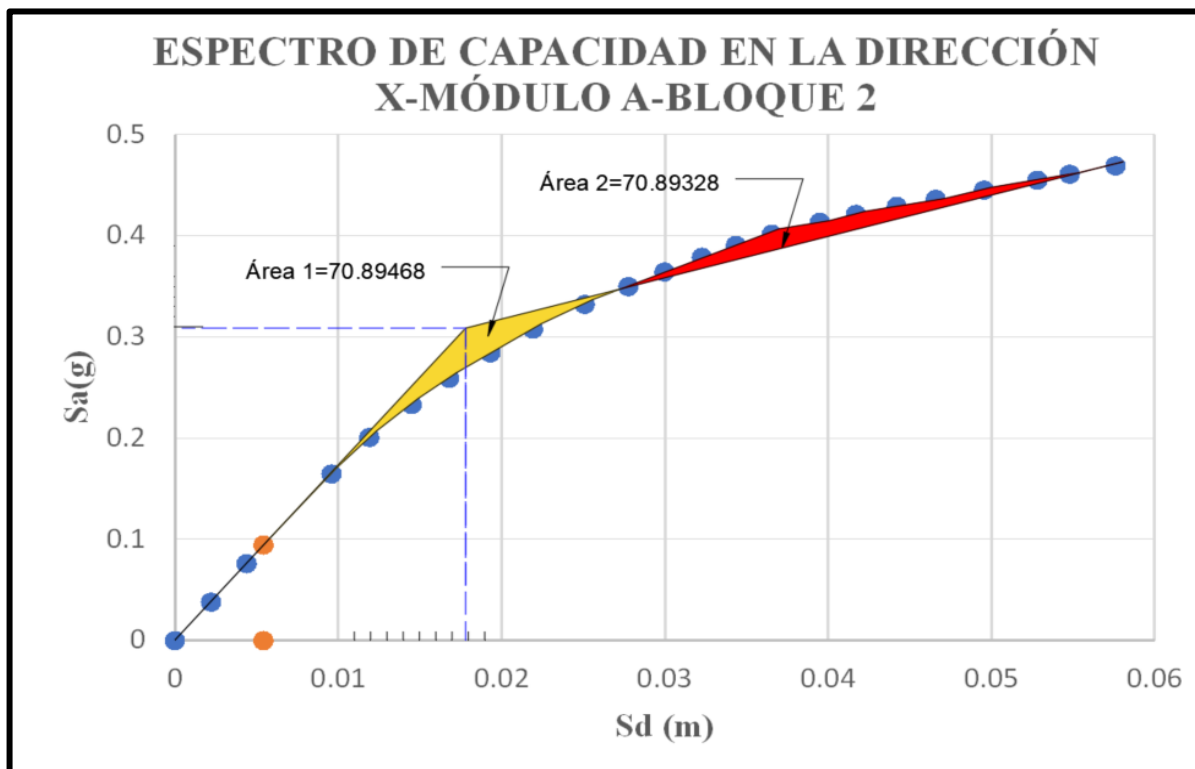


Figura 79: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección X.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

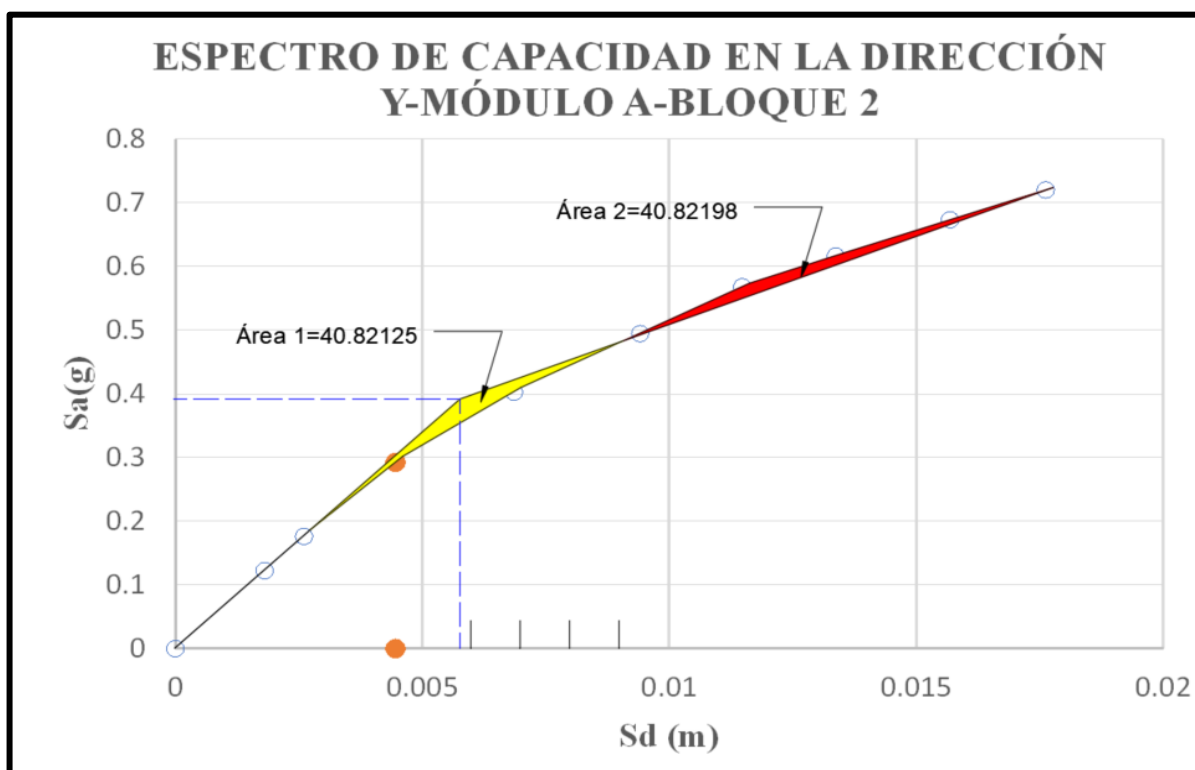


Figura 80: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2021



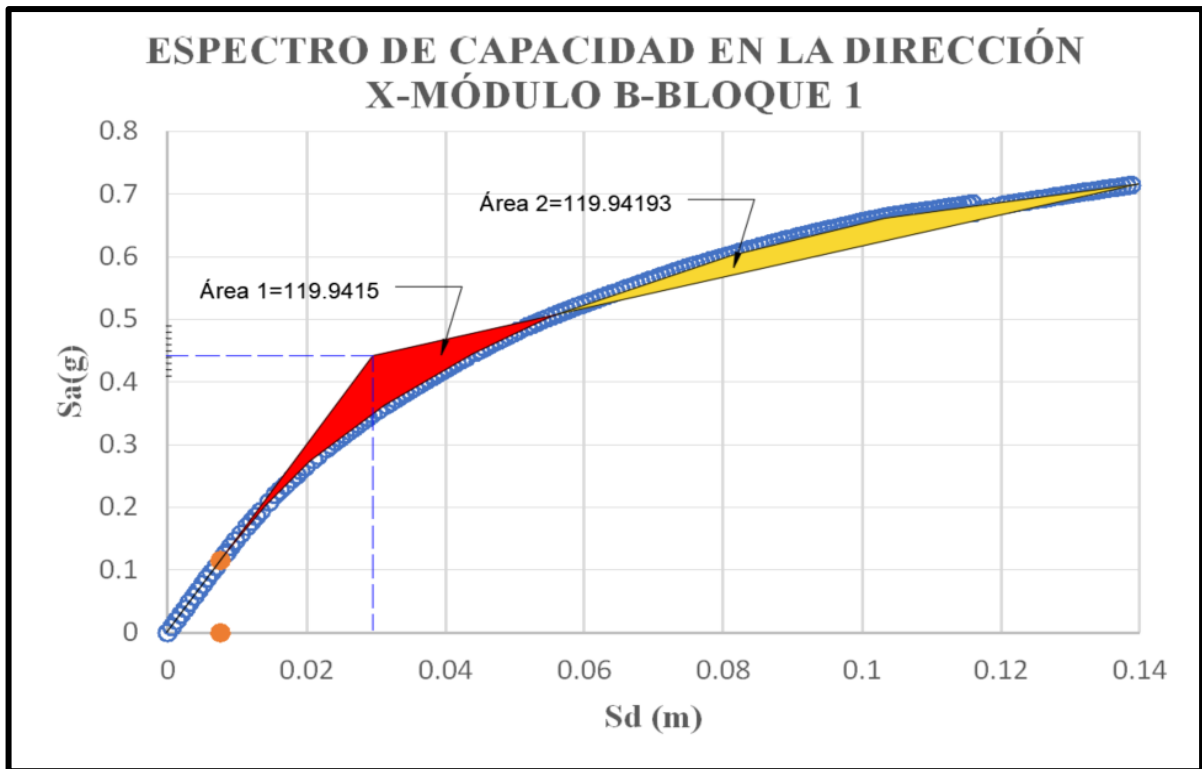


Figura 81: Construcción de la curva bilineal para el Módulo B-Bloque 1 en la dirección X.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

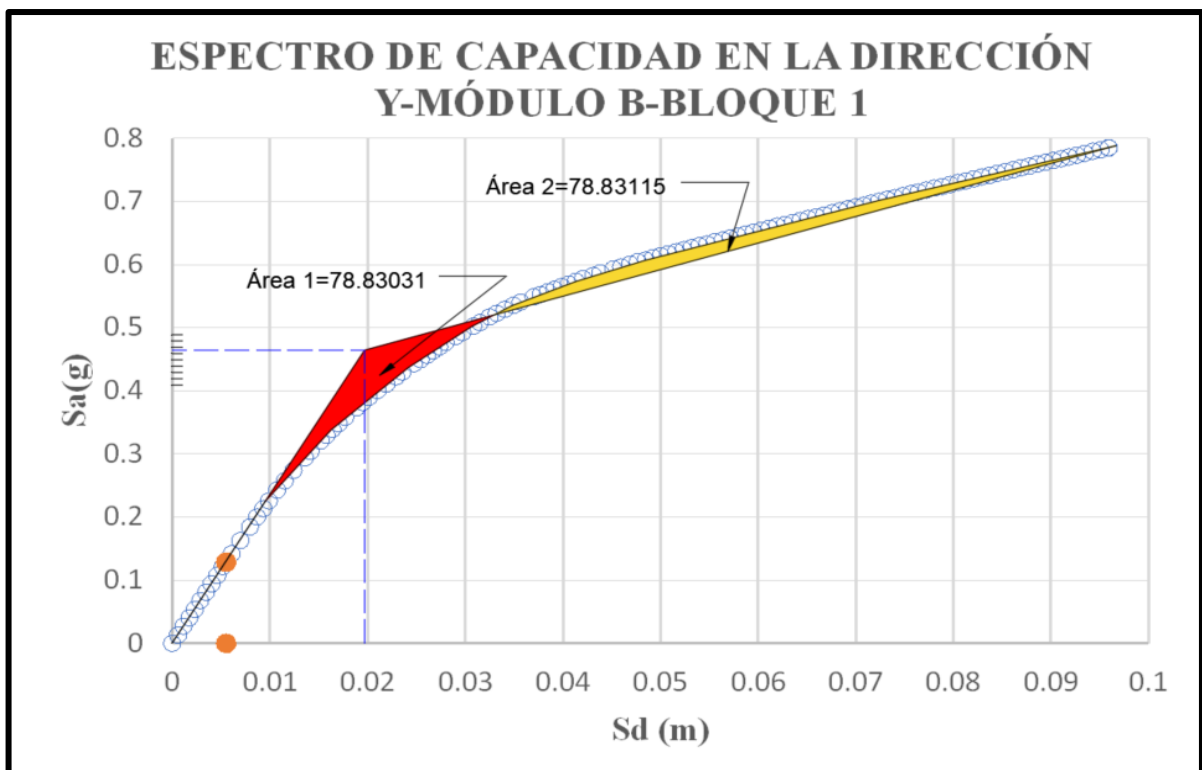


Figura 82: Construcción de la curva bilineal para el Módulo B-Bloque 1 en la dirección Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

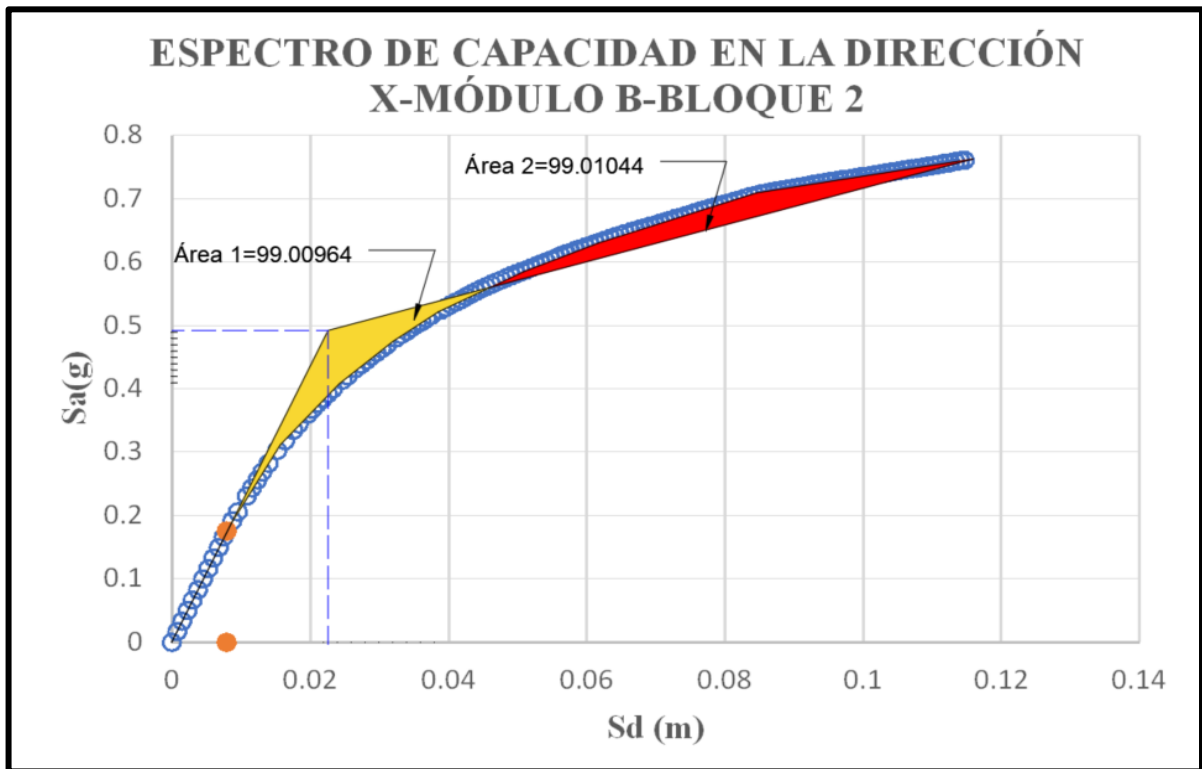


Figura 83: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección X.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

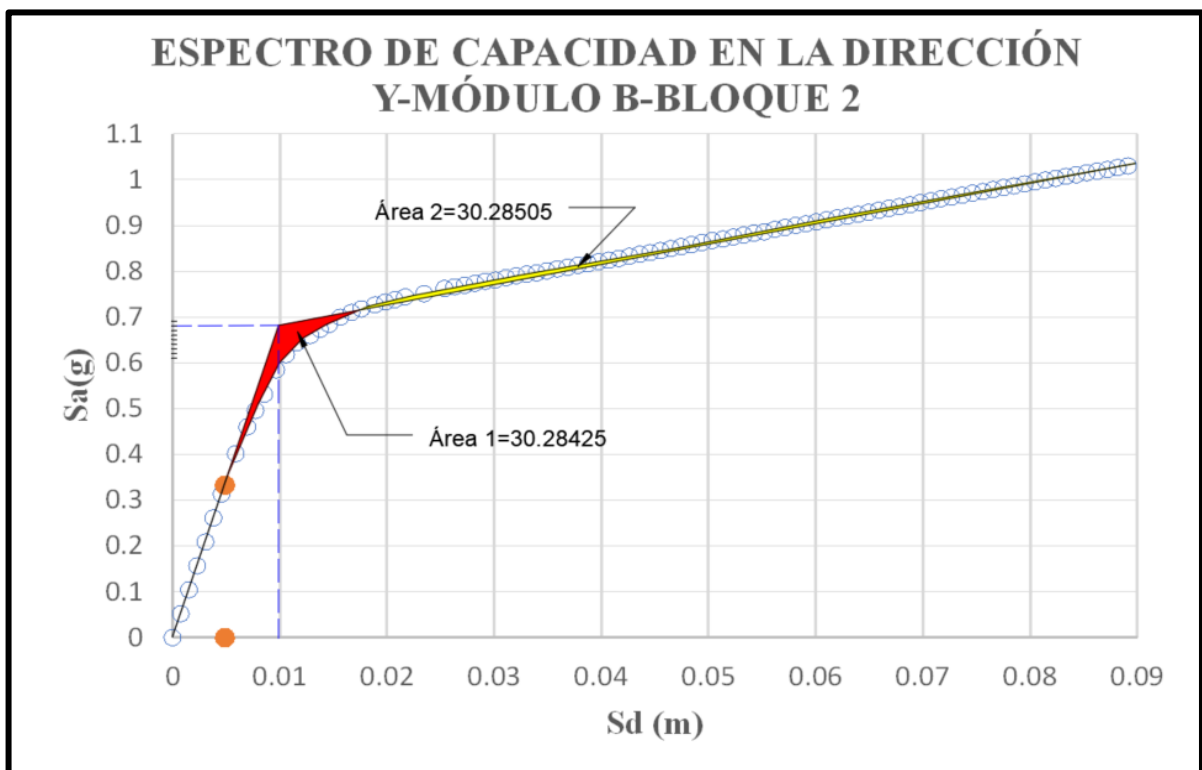


Figura 84: Construcción de la curva bilineal para el Módulo A-Bloque 2 en la dirección Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

### ANEXOS N°03: PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura 85: Módulos A y B del Centro de Salud Asunción.*



*Figura 86: Módulo A del Centro de Salud Asunción.*



*Figura 87: Módulo B del Centro de Salud Asunción.*



*Figura 88: Junta sísmica en el módulo A.*

#### **ANEXOS N°04: PLANOS**

A continuación, se presentan los siguientes planos:

- Planos de Arquitectura del Módulo A y B.
- Planos de Estructuras del Módulo A y B.

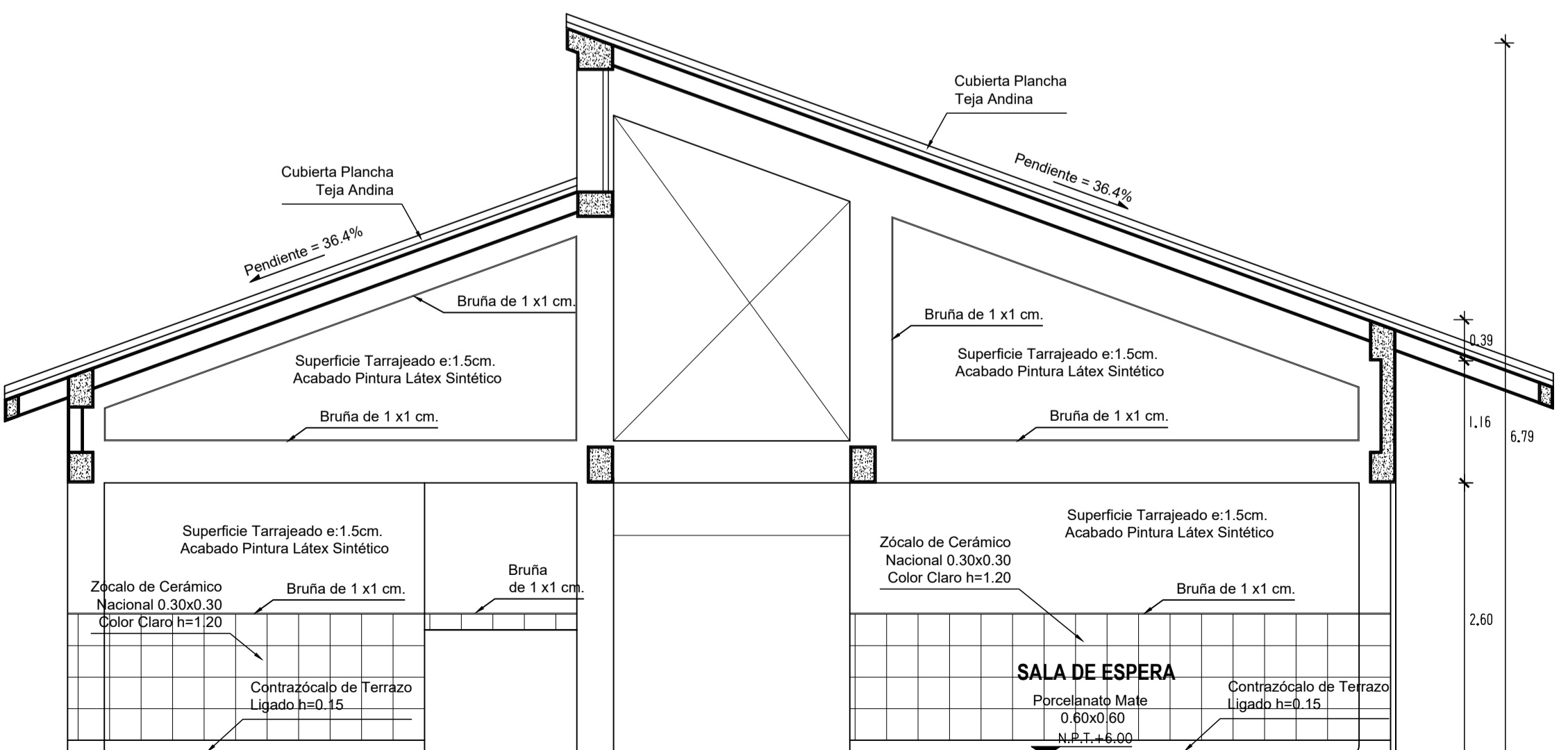
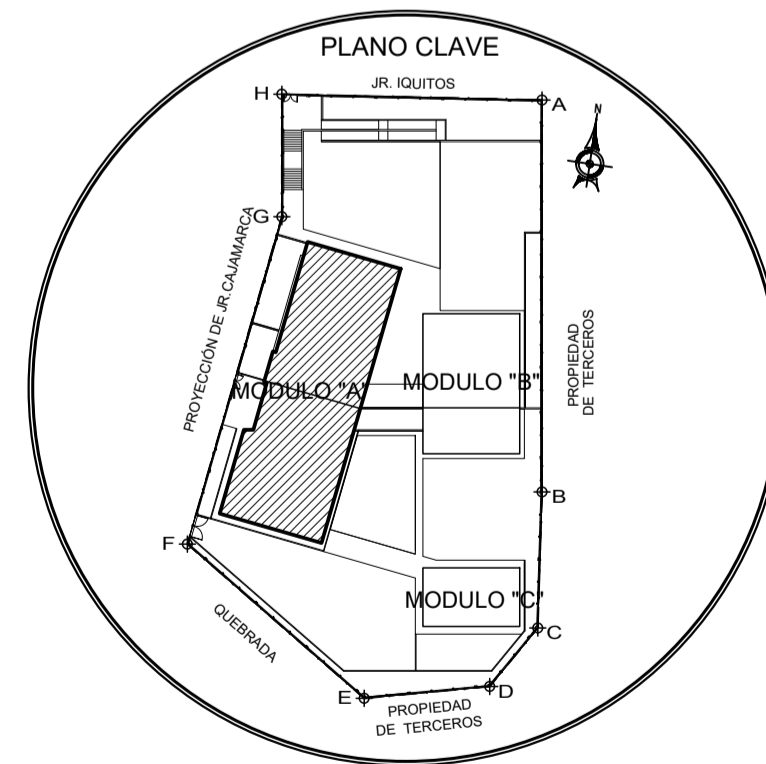


**PLANTA - MODULO "A"**  
**PLANTA ALTA**

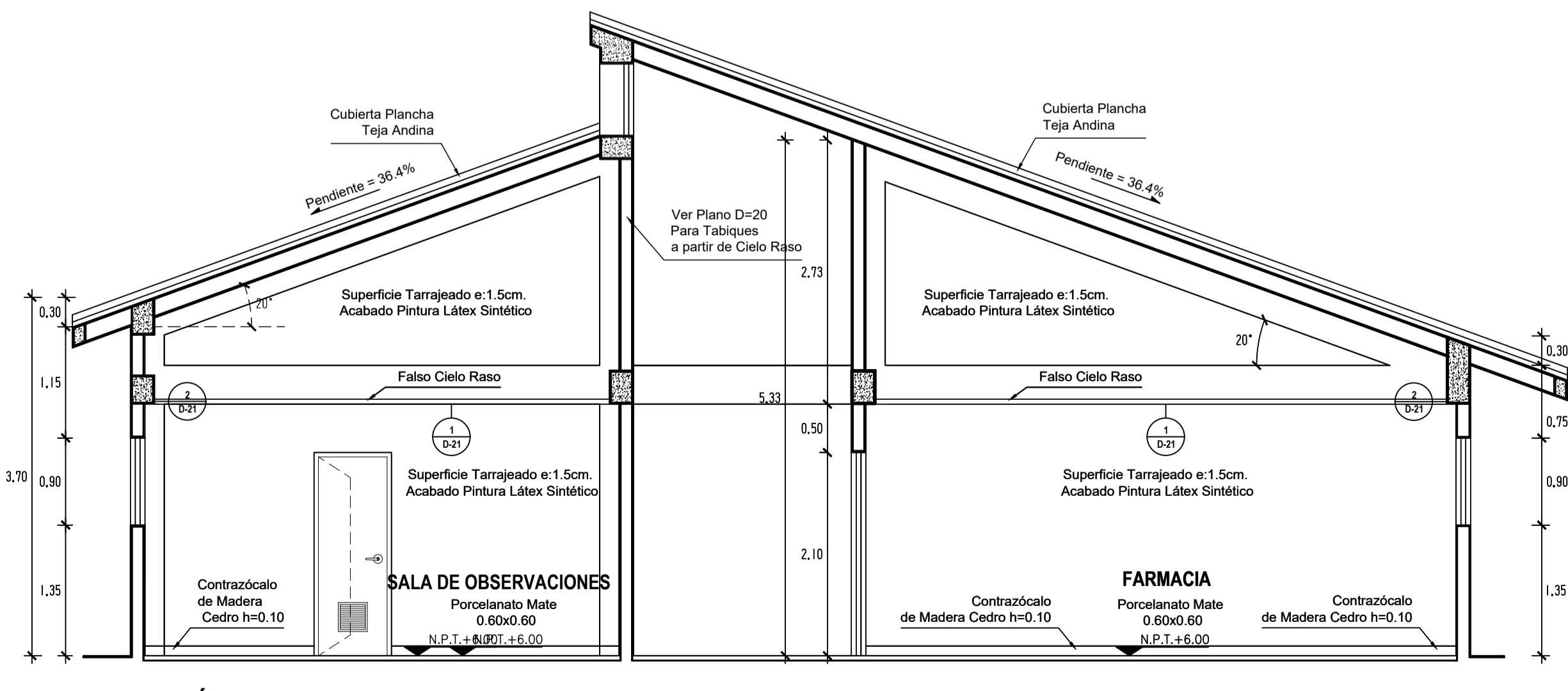
ESC: 1/50

**LEYENDA SIMBOLO**

	Marcador de Sección de Detalle
	Marcador de Elevación
	Marcador de Sección Constructiva
	Nivel Referencial del Proyecto
	Pendiente en Superficie (Indica % de Inclinación)
	Línea de Corte



**SECCIÓN C-C' - MODULO "A"**  
ESC= 1/50



**SECCIÓN D-D' - MODULO "A"**  
ESC= 1/50

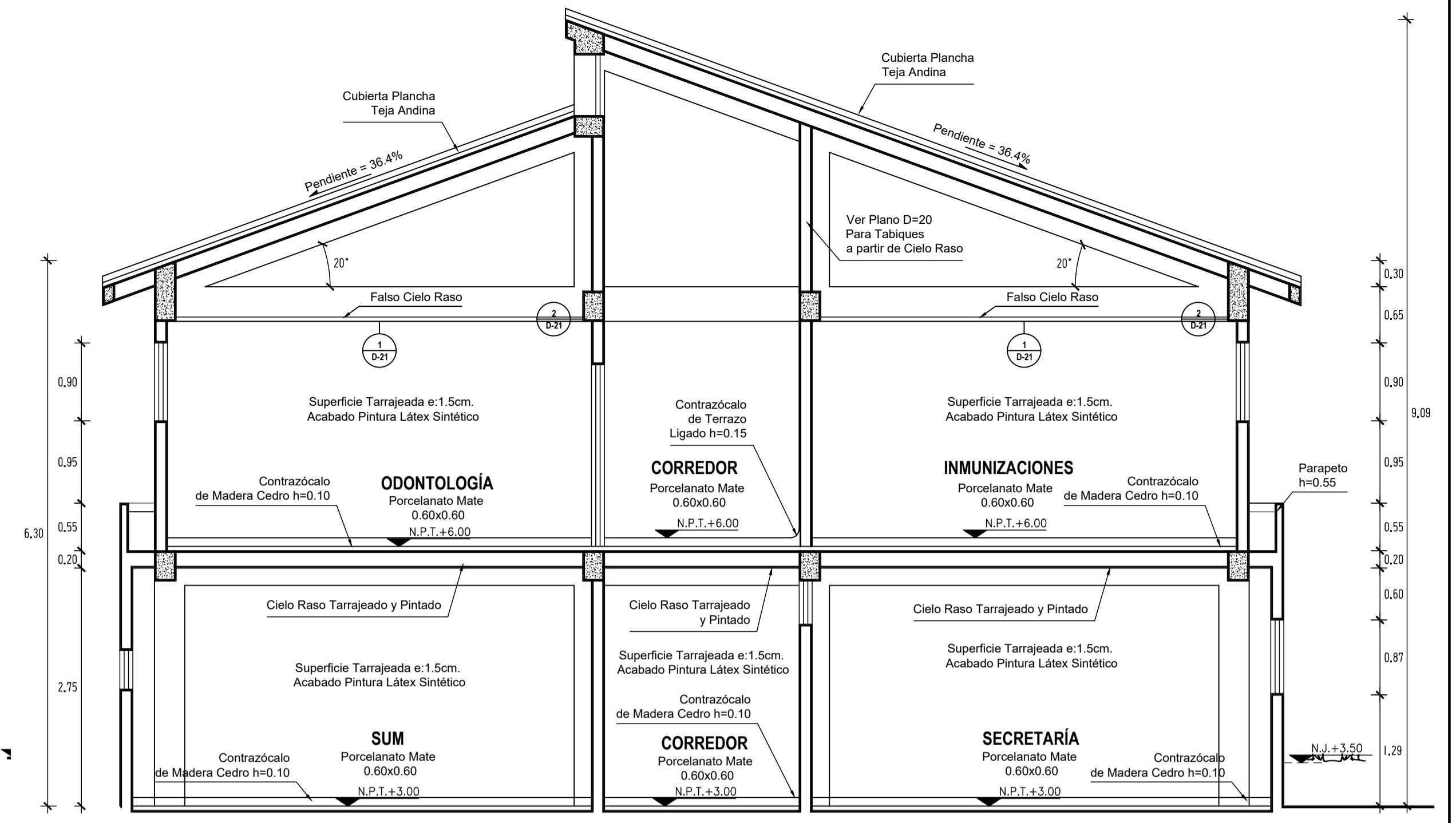
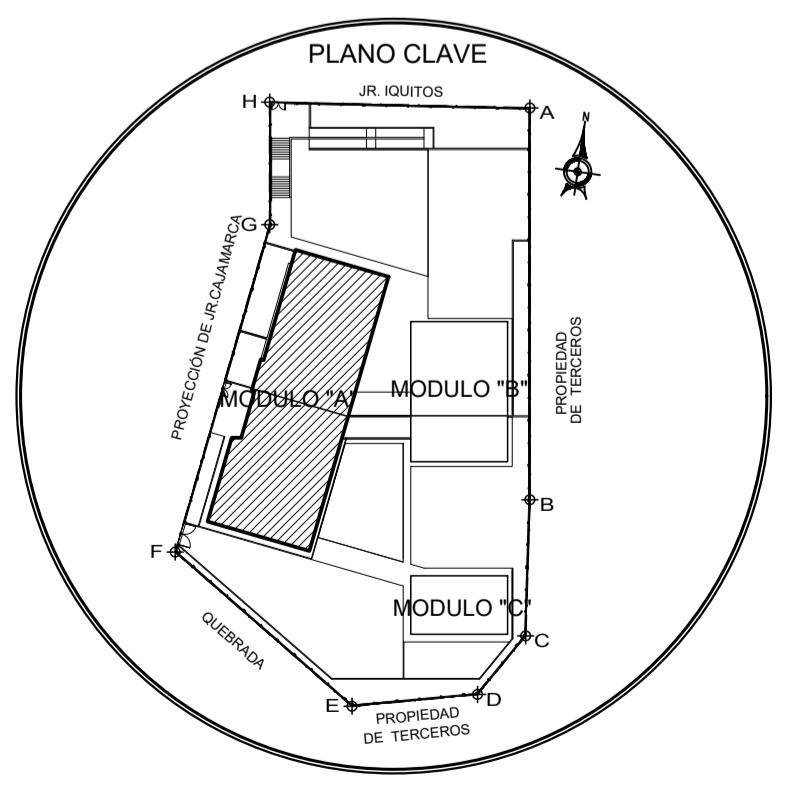
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
	PROYECTO: PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021 PLANO: "MÓDULO A"-PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTA ALTA-SECCIÓN "C-C'" Y "D-D'"			
ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA		FECHA: ABRIL 2022		
REGIÓN: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: ASUNCIÓN	FECHA: ABRIL 2022	
TÍTULO: Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTHIAN ROLANDO			ESCALA: 1/50	



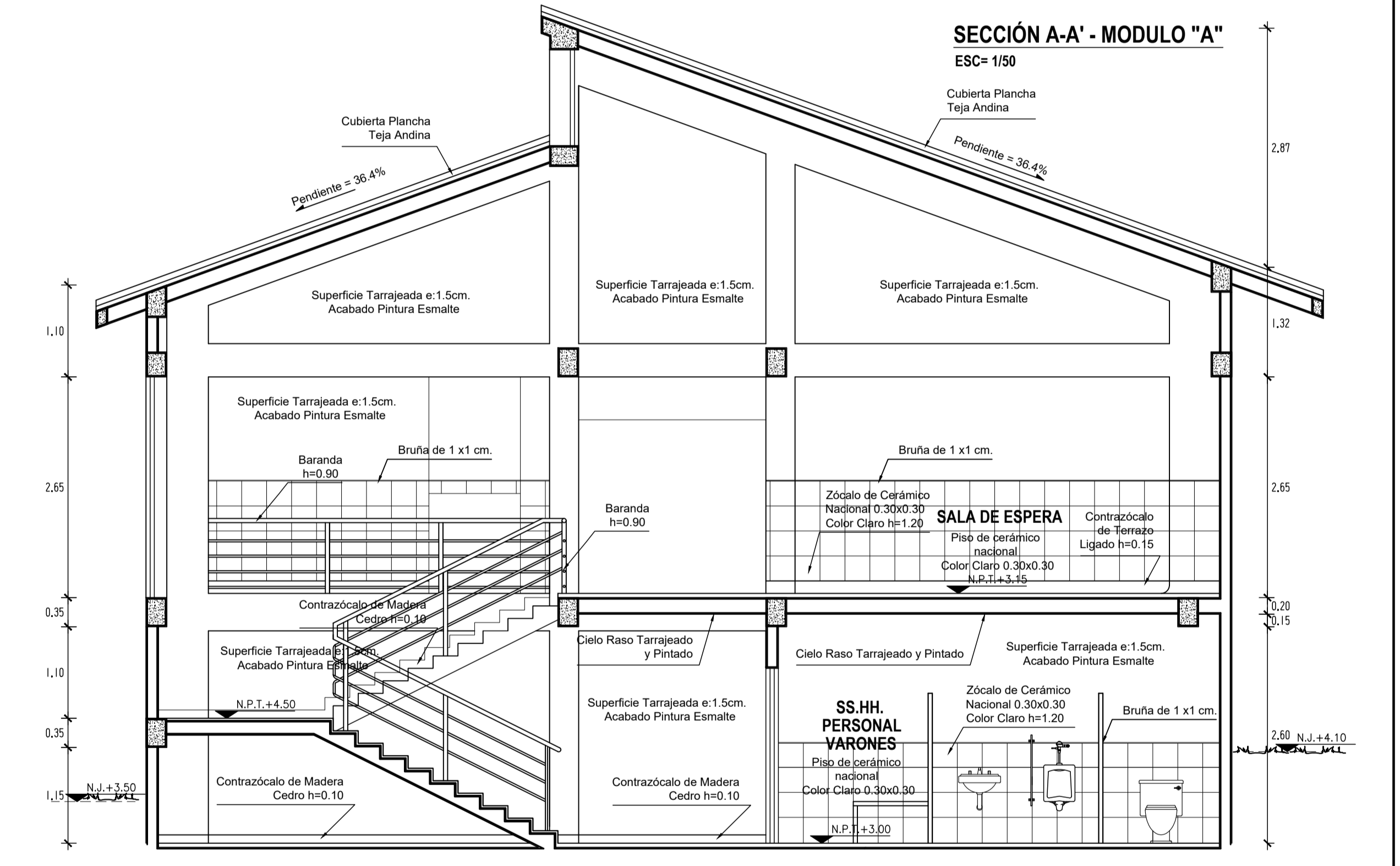
**PLANTA - MODULO "A"**  
**PLANTA BAJA**

ESC: 1/50

LEYENDA SIMBOLO	
	Marcador de Sección de Detalle
	Marcador de Elevación
	Marcador de Sección Constructiva
	Nivel Referencial del Proyecto
	Pendiente en Superficie (Indica % de Inclinación)
	Línea de Corte

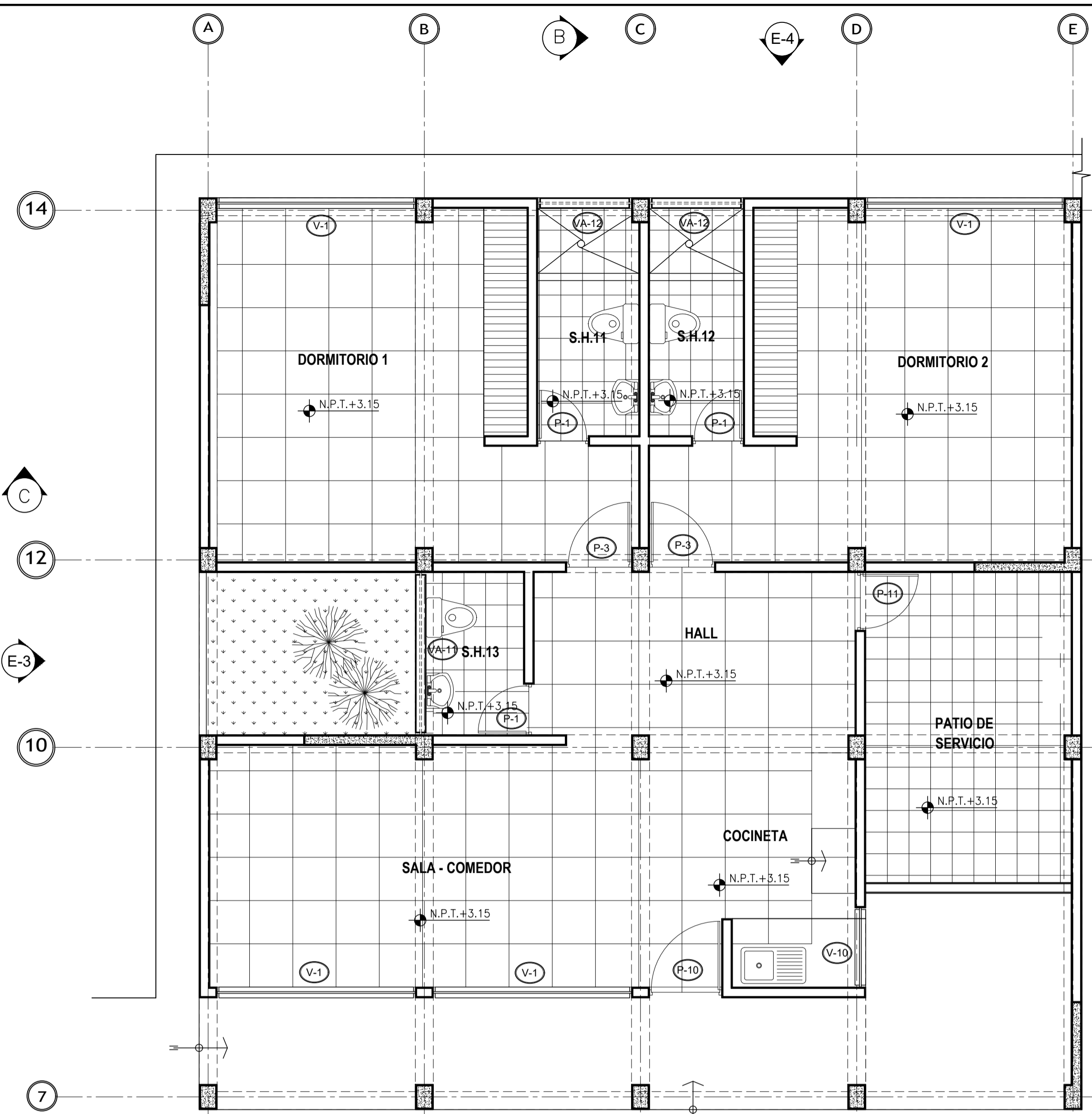


**SECCIÓN A-A' - MODULO "A"**  
**ESC= 1/50**

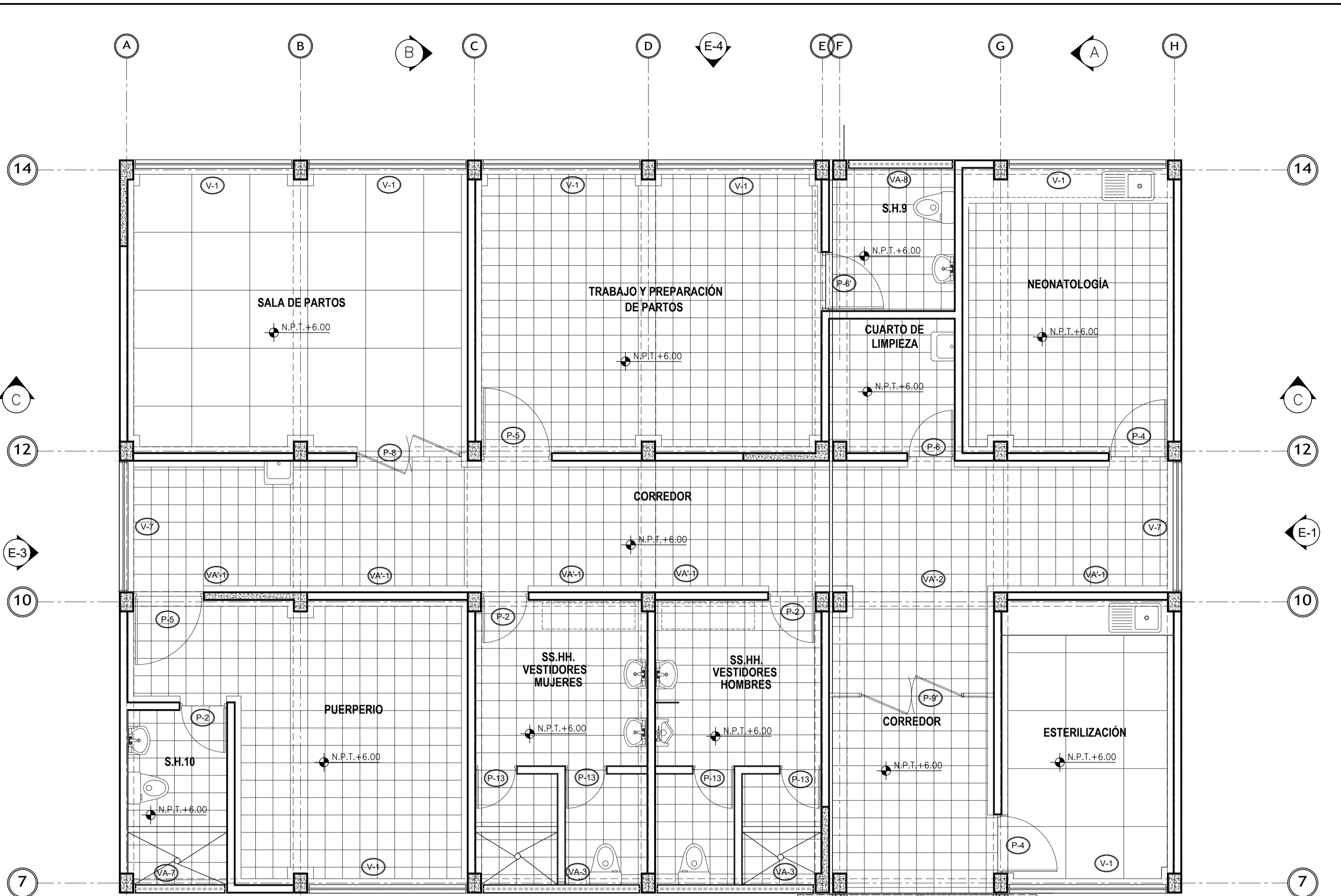


**SECCIÓN B-B' - MODULO "A"**  
**ESC= 1/50**

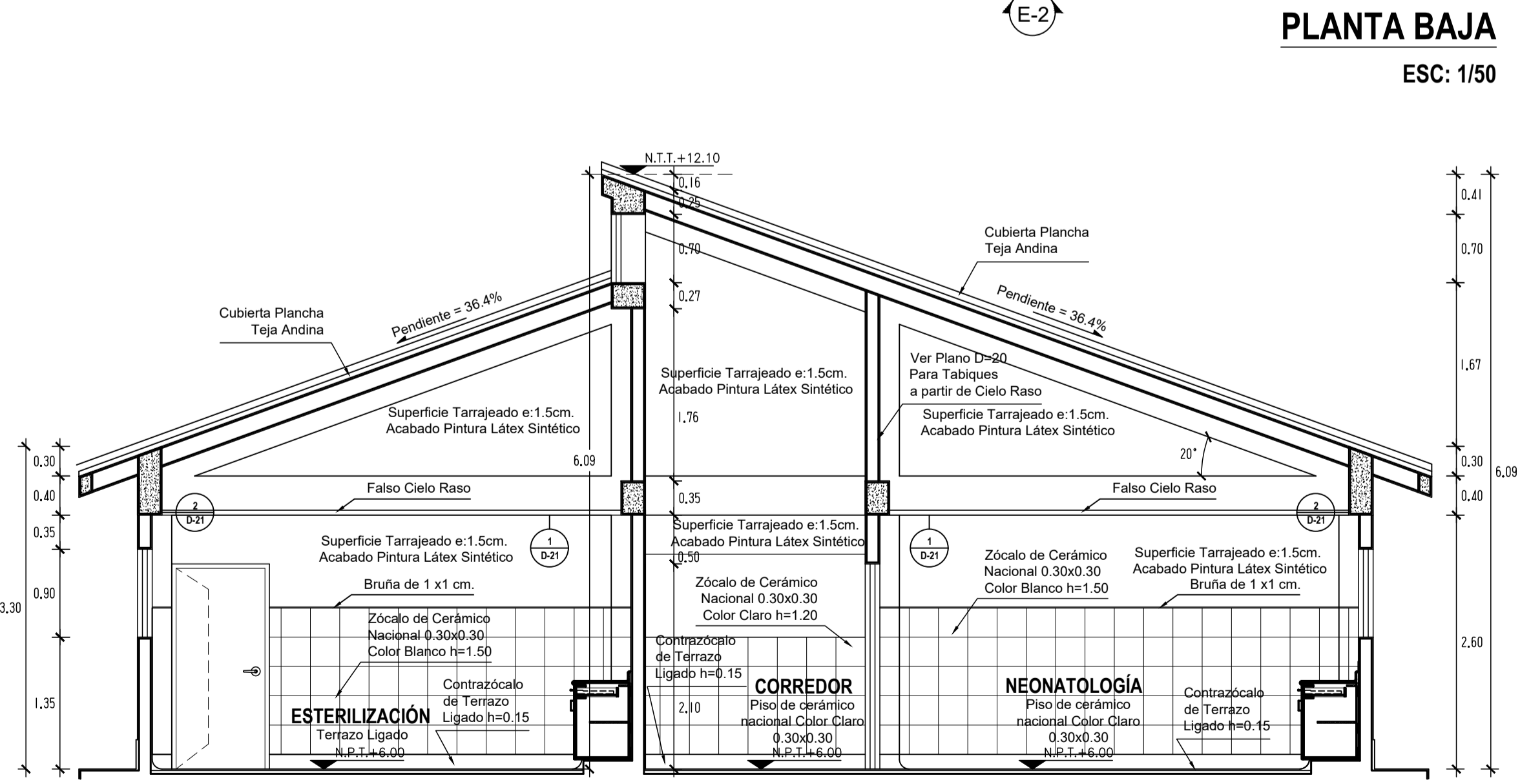
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>				
	PROYECTO: <b>PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021</b> PLANO: <b>"MÓDULO A"-PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA - SECCIÓN "A-A" Y "B-B"</b>				
ESPECIALIDAD:	ARQUITECTURA	DISTRITO:	ASUNCIÓN	FECHA:	ABRIL 2022
REGION:	CAJAMARCA	PROVINCIA:	CAJAMARCA	ESCALA:	1/50
Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTHIAN ROLANDO					<b>A-02</b>



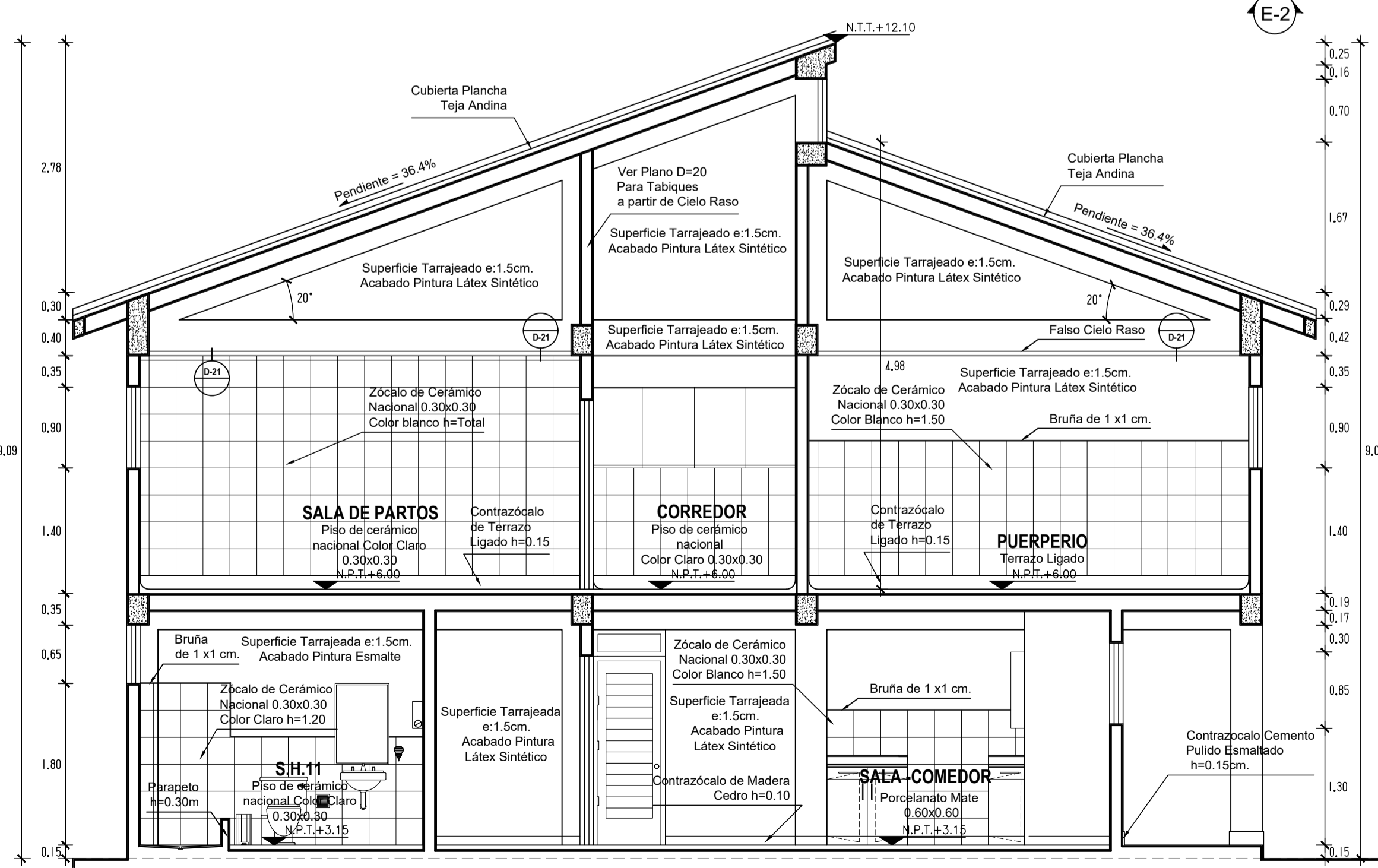
**PLANTA - MODULO "B"**  
**PLANTA BAJA**  
ESC: 1/50



**PLANTA - MODULO "B"**  
**PLANTA ALTA**  
ESC: 1/50



**SECCIÓN A-A - MODULO "B"**  
ESC= 1/50



**SECCIÓN B-B' - MODULO "B"**  
ESC= 1/50

**LEYENDA SIMBOLO**

- Marcador de Sección de Detalle
- Marcador de Elevación
- Marcador de Sección Constructiva
- Nivel Referencial del Proyecto
- Pendiente en Superficie (Indica % de inclinación)
- Línea de Corte

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

PROYECTO: **PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021**

PLANO: **"MÓDULO B" - PLANO DE DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA y ALTA-SECCIÓN "A-A" y "B-B"**

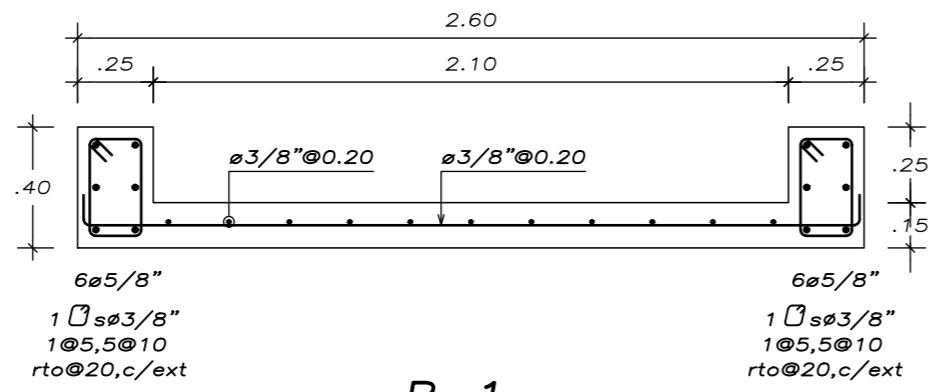
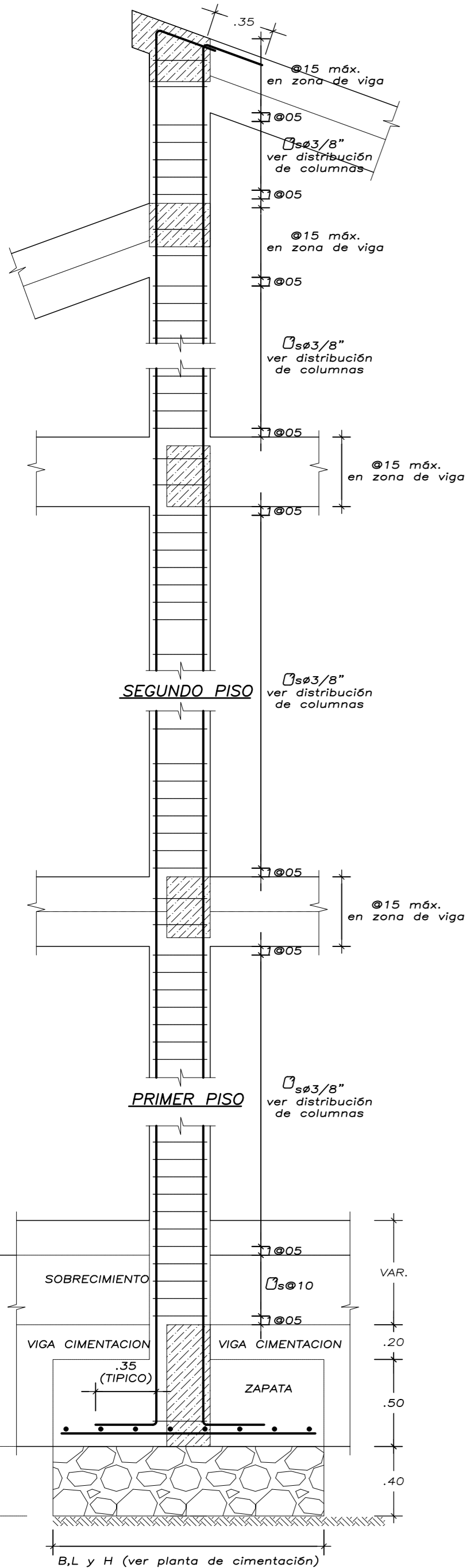
ESPECIALIDAD: **ARQUITECTURA**

REGION: **CAJAMARCA** PROVINCIA: **CAJAMARCA** DISTRITO: **ASUNCIÓN** FECHA: **ABRIL 2022**

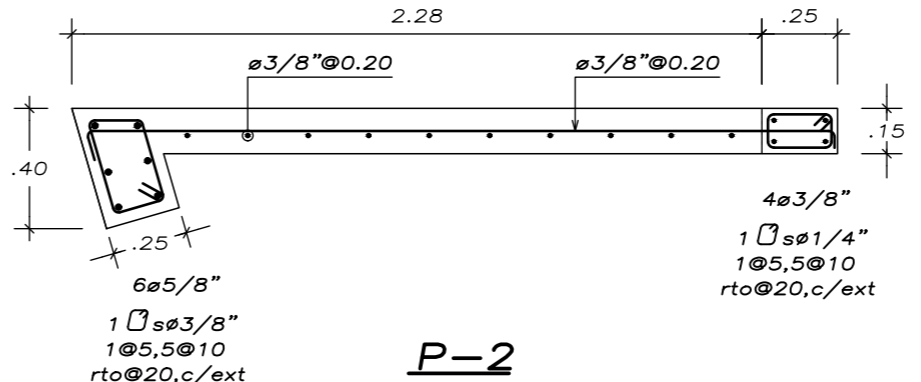
TITULAR: **Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTIAN ROLANDO** ESCALA: **1/50**

**A-03**

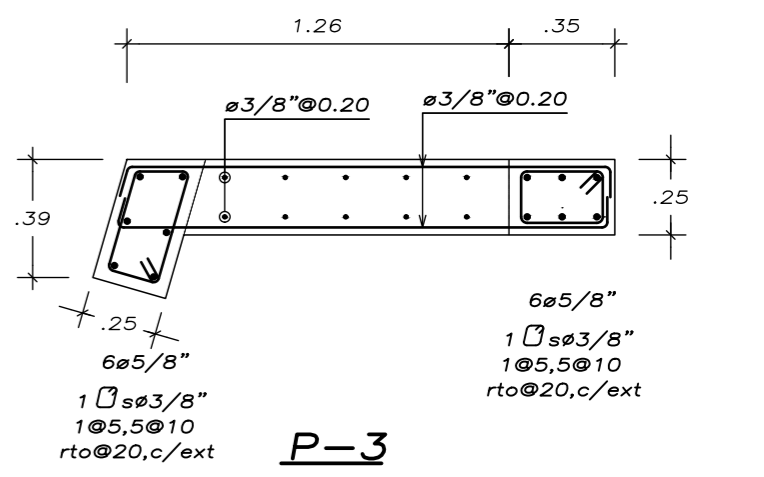




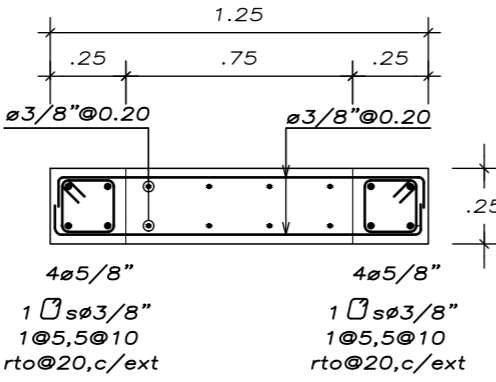
P-1



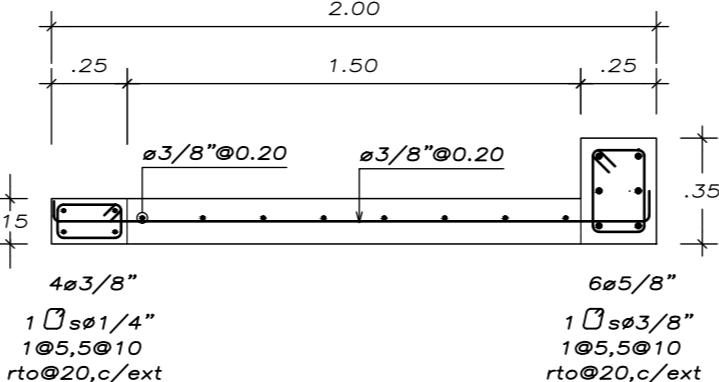
P-2



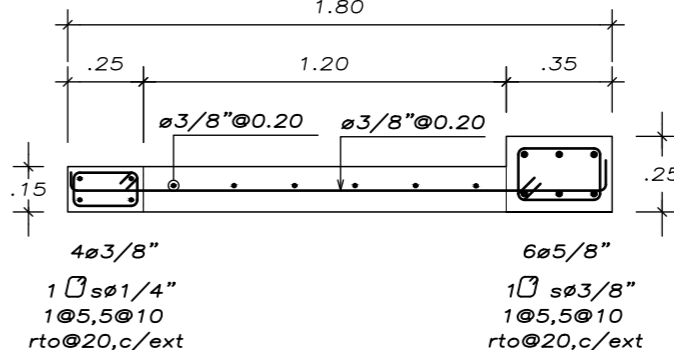
P-3



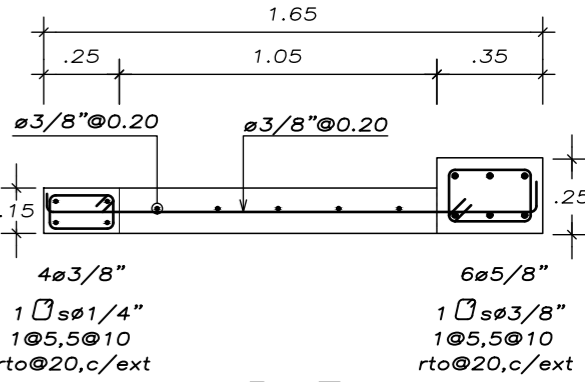
P-4



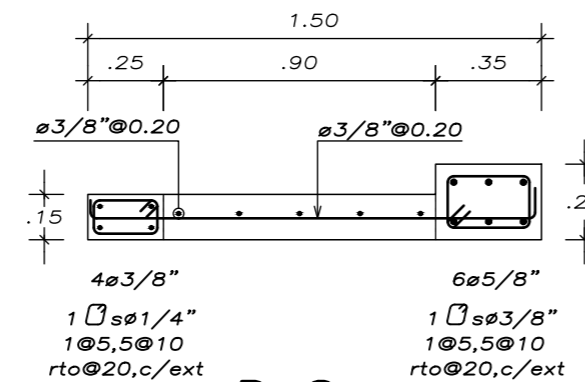
P-5



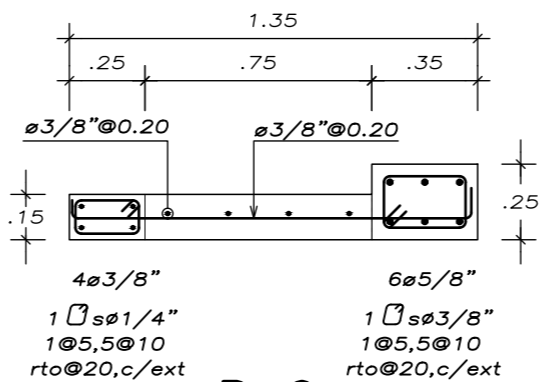
P-6



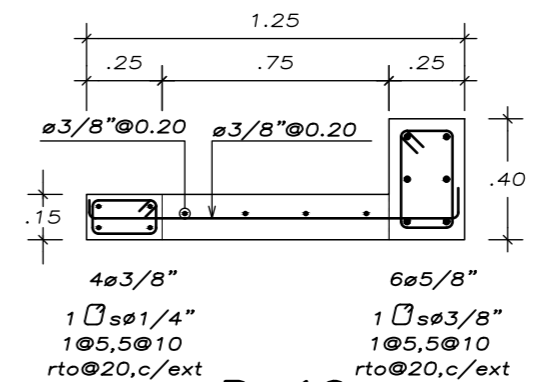
P-7



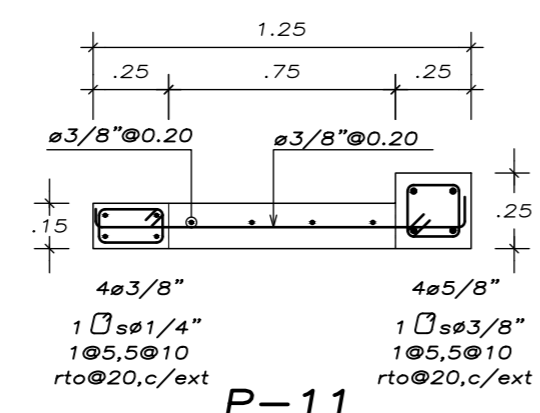
P-8



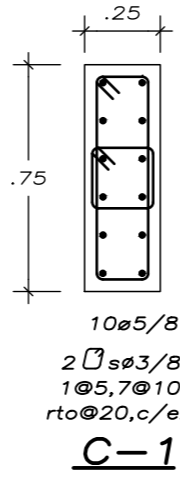
P-9



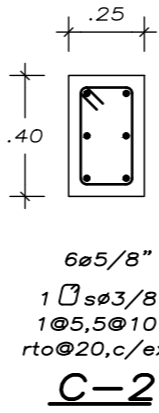
P-10



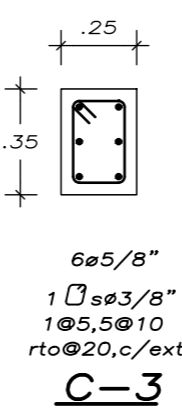
P-11



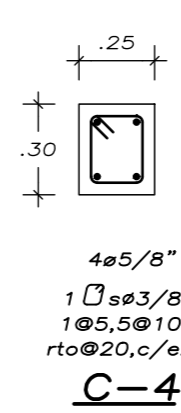
C-1



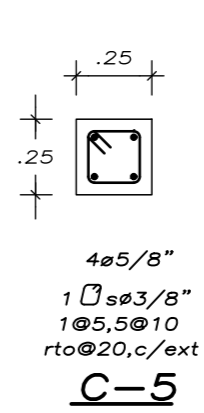
C-2



C-3



C-4



C-5

**LEYENDA DE NIVELES :**

- NPT = NIVEL DE PISO TERMINADO
- NFCV = NIVEL DE FONDO VIGA CIMENTACION
- NFZ = NIVEL DE FONDO DE ZAPATA
- NFSZ = NIVEL DE FONDO DE SUB-ZAPATA
- NFCC = NIVEL DE FONDO DE CIMENTO

MODULO	COLUMNA y/o PLACA															
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
A	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
B															●	
C											●	●			●	●



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

PROYECTO: **PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021**

PLANO: **DETALLE REFUERZO COLUMNAS Y PLACAS**

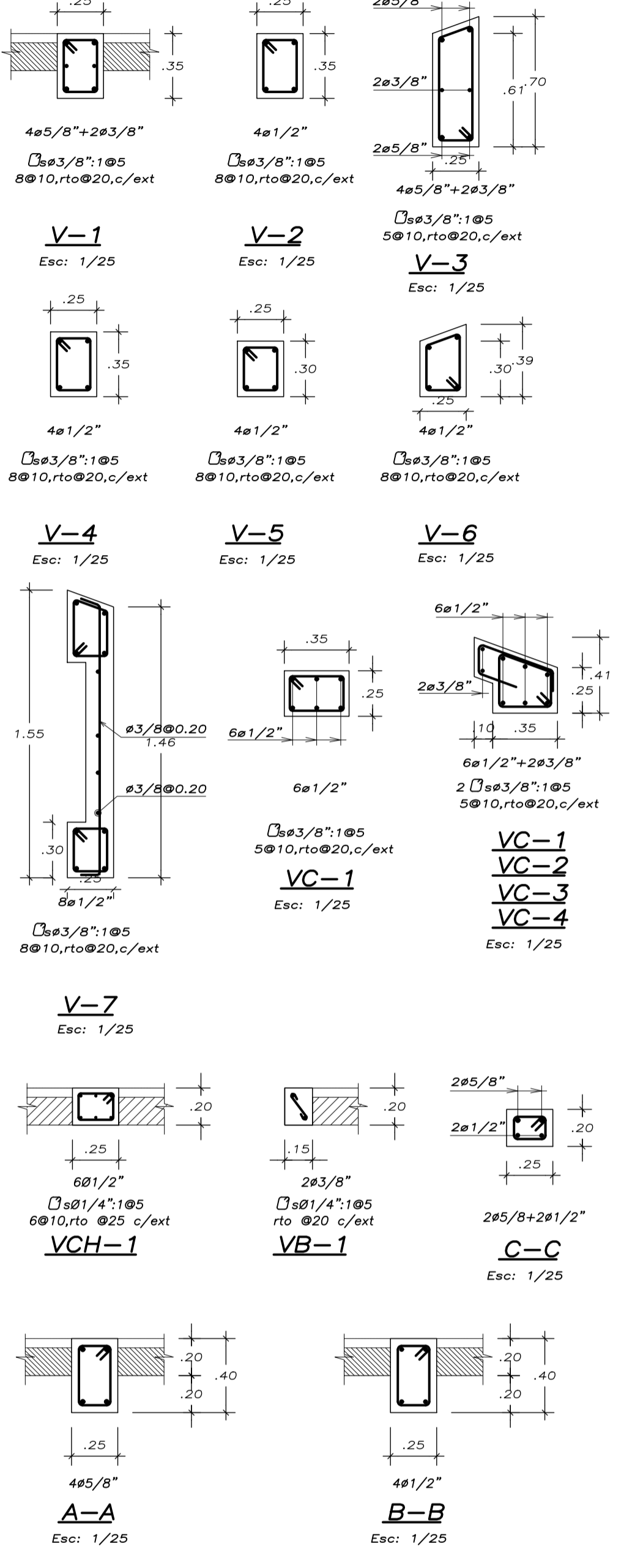
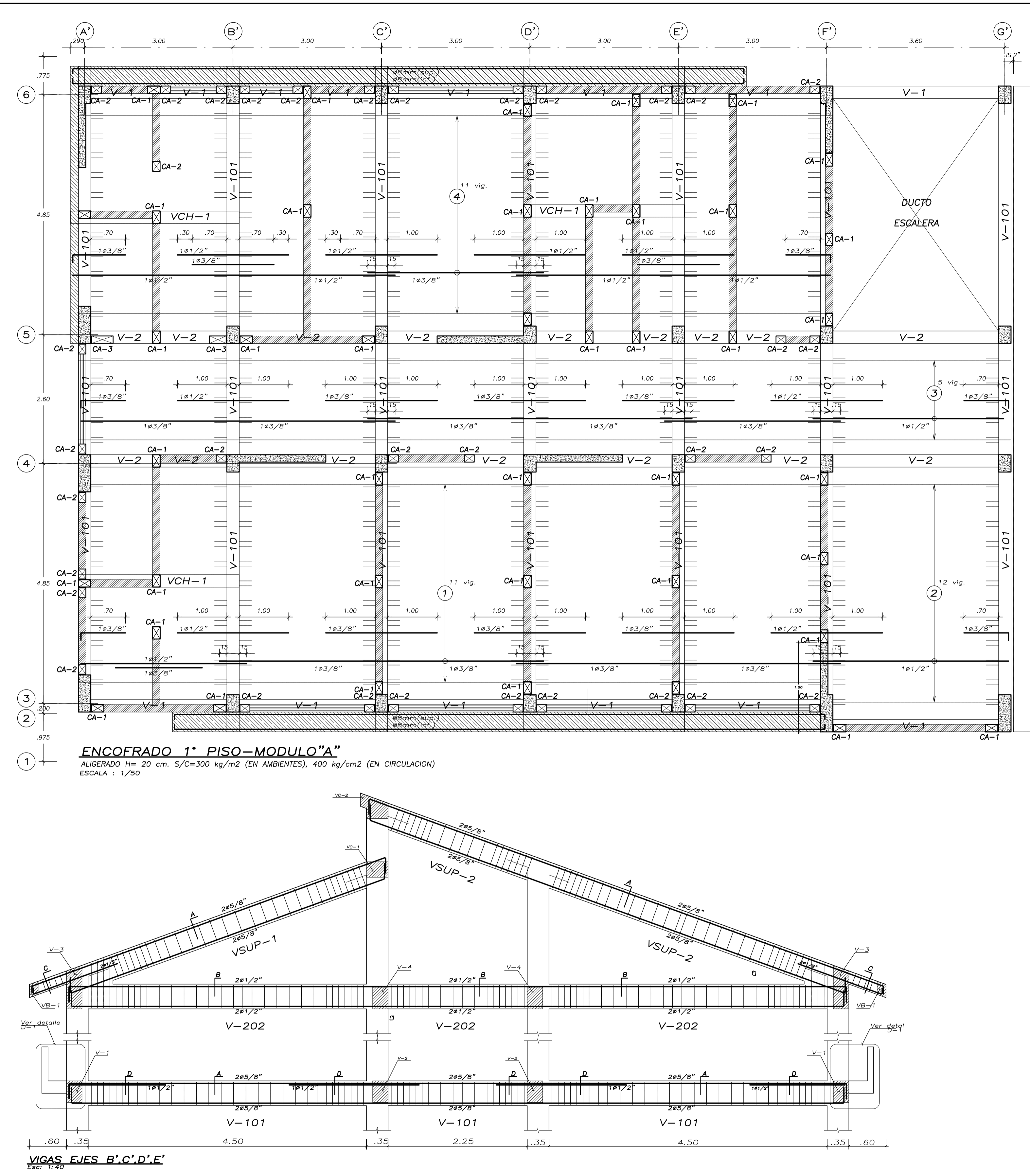
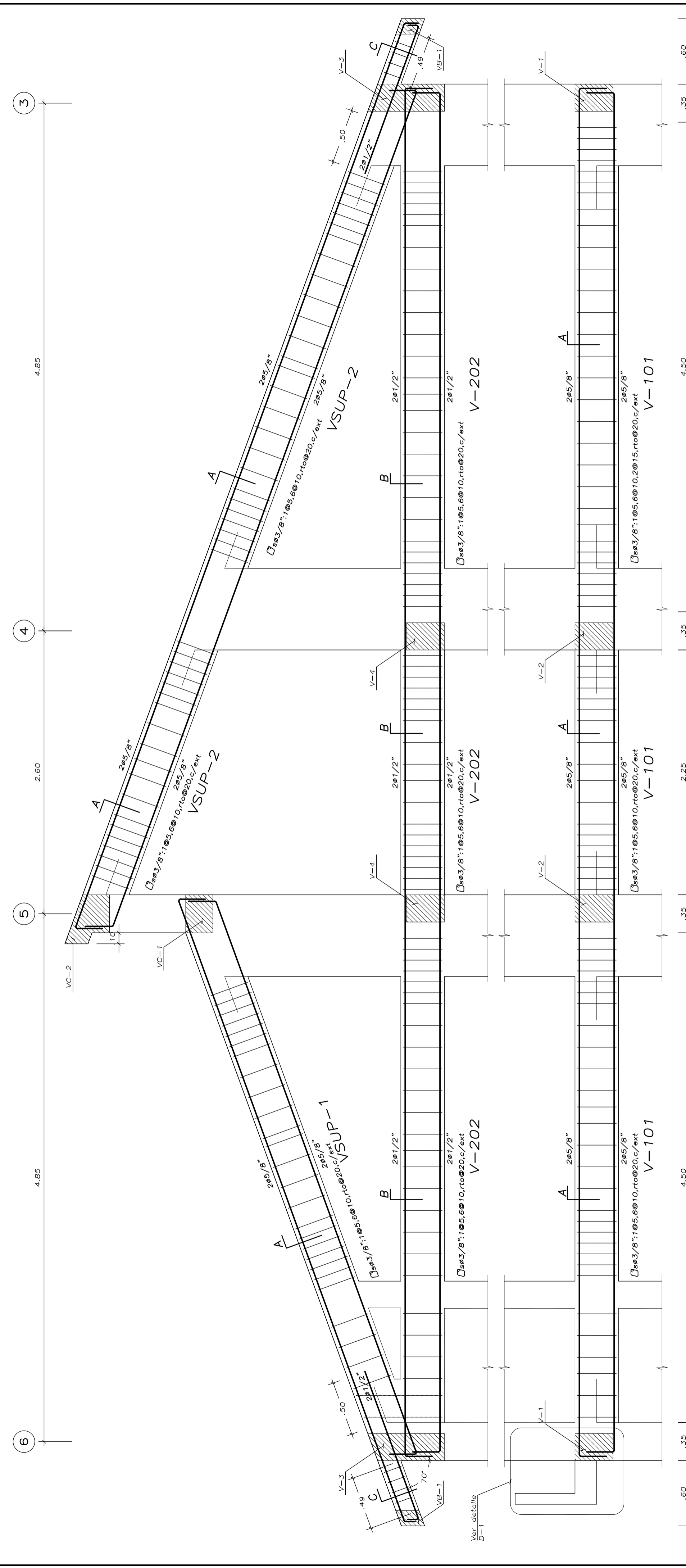
ESPECIALIDAD: **ESTRUCTURAS**

REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: CAJAMARCA | DISTRITO: ASUNCIÓN | FECHA: ABRIL 2022

REGISTRO: Bach. Ing. SÁNCHEZ CASANOVA CRISTHIAN ROLANDO | ESCALA: 1:25

**E-01**

**CONCENTRACIÓN TÍPICA DE ESTRIBOS EN COLUMNAS**  
 ESC: 1/25



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

PROYECTO: PROBABILIDAD DE DAÑO SISMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021

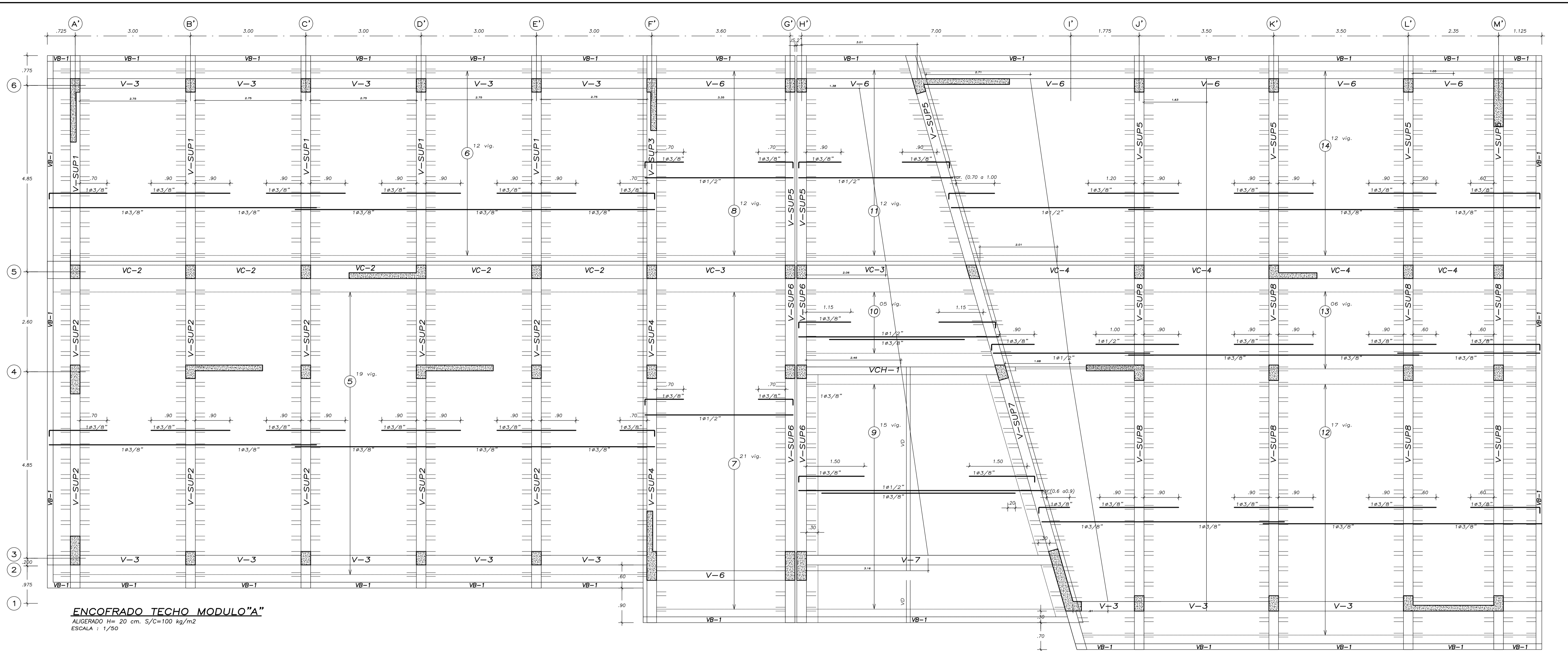
PLANO: ENCOFRADO 1° PISO, VIGAS - MÓDULO A

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS

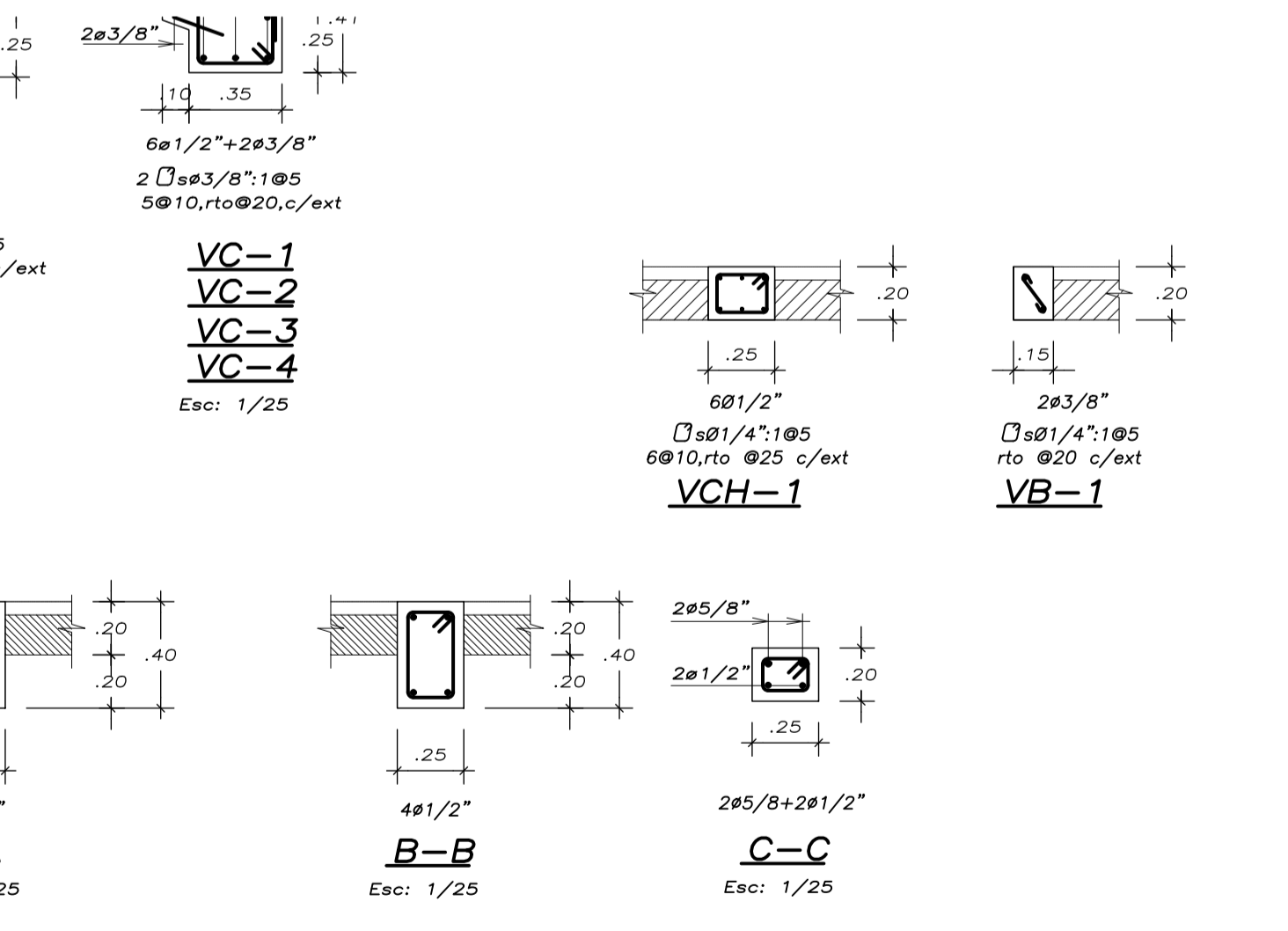
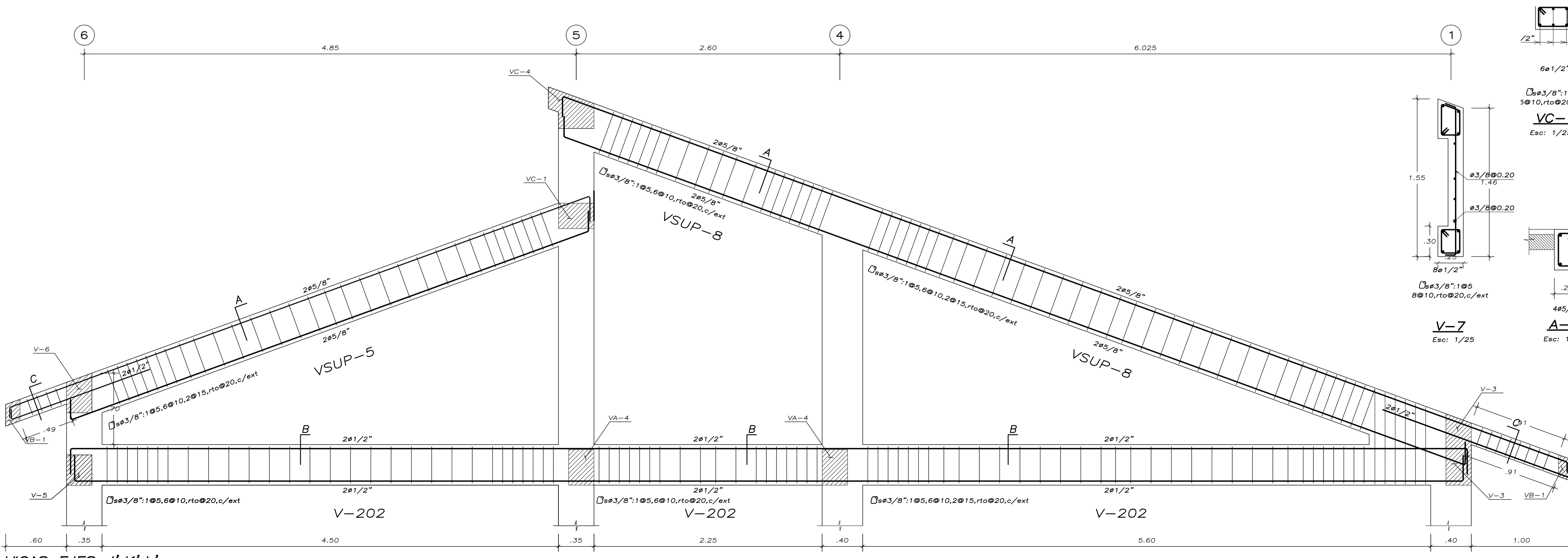
REGION: CAJAMARCA PROVINCIA: CAJAMARCA DISTRITO: ASUNCIÓN FECHA: ABRIL 2022

TEJIDA: Bach. Ing. SANCHEZ CASANOVA CRISTIAN ROLANDO ESCALA: 1:25, 1:50

**E-02**

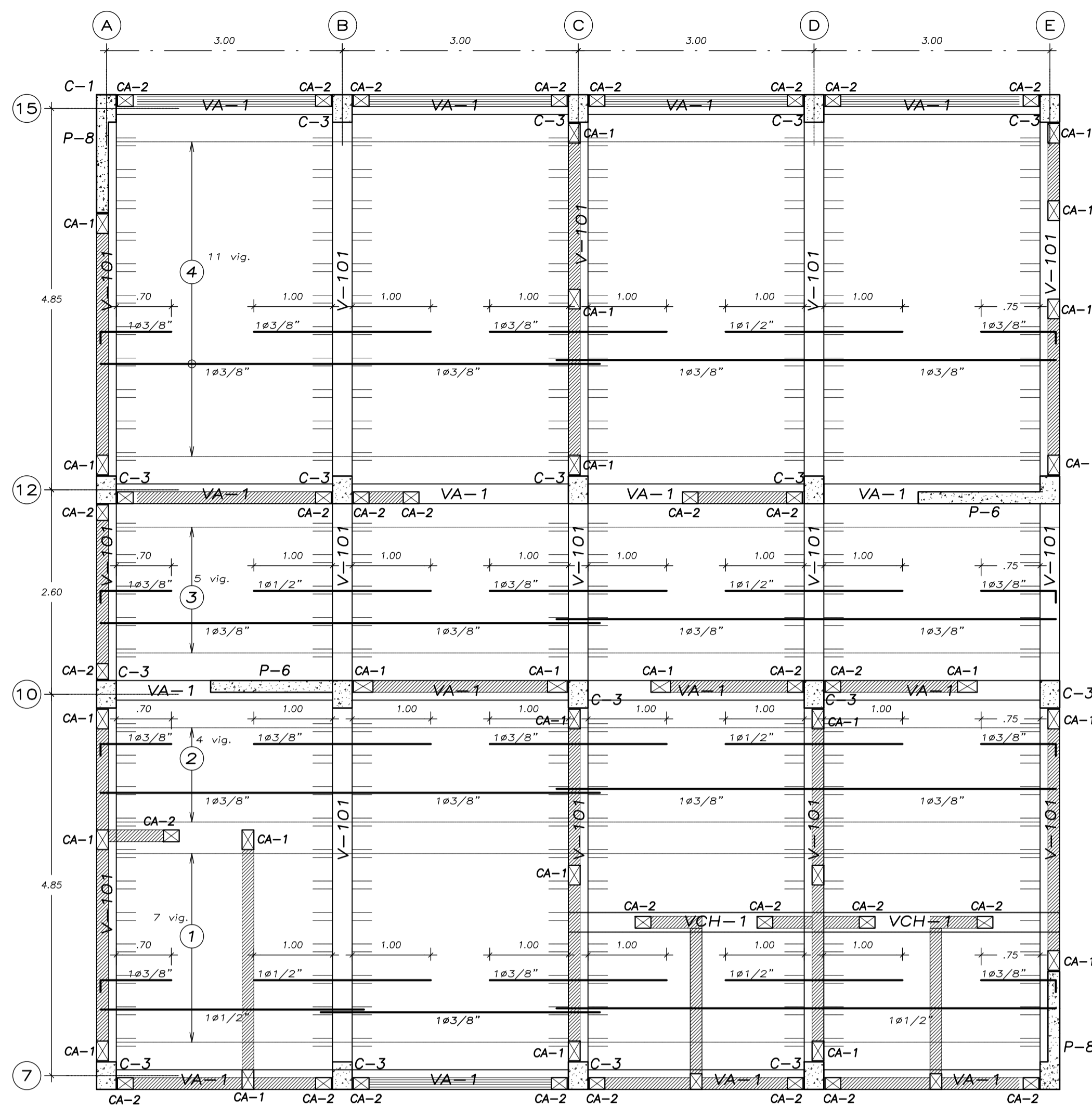


**ENCOFRADO TECHO MODULO "A"**  
 ALIGERADO H= 20 cm. S/C=100 kg/m2  
 ESCALA : 1/50

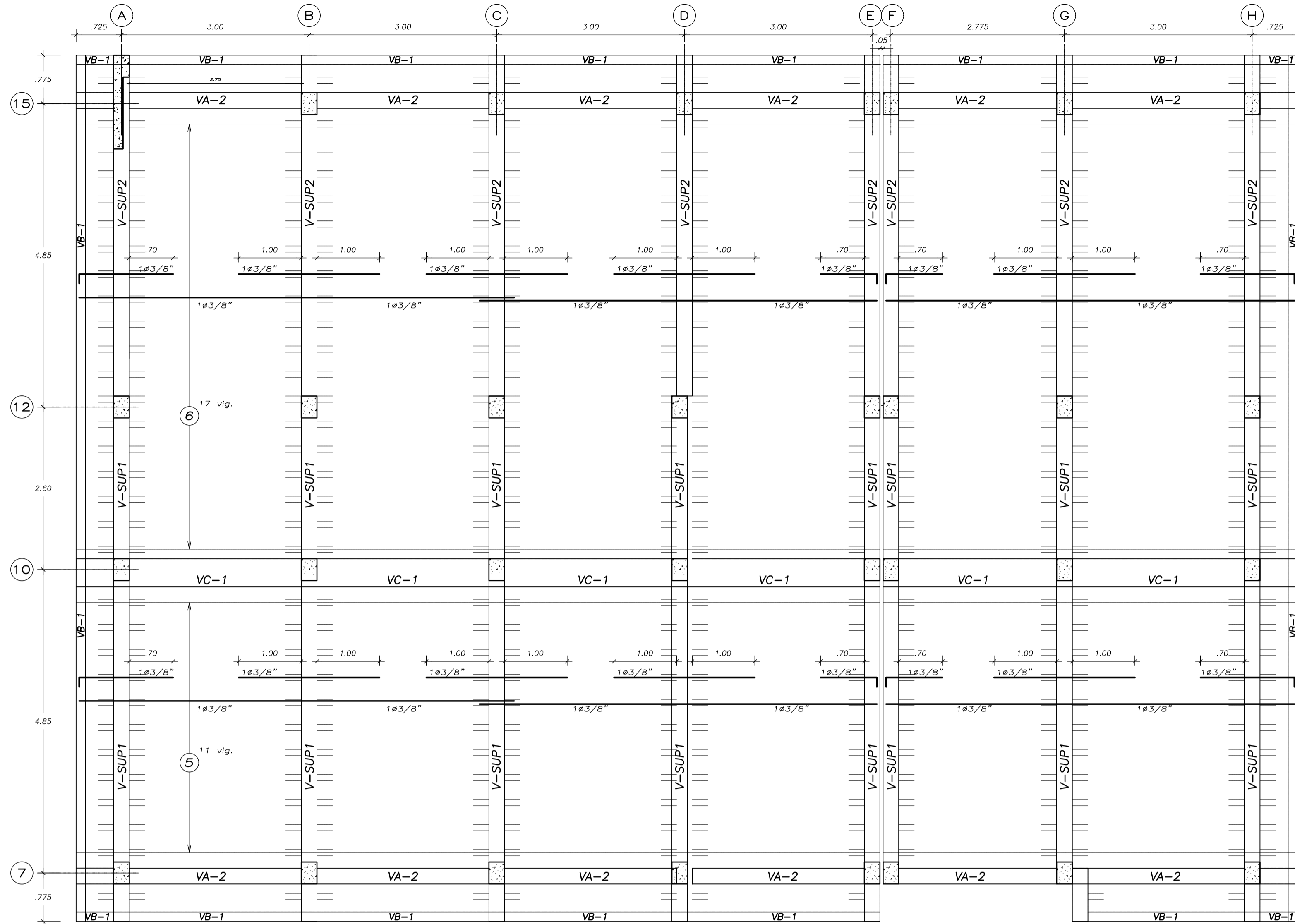


**VIGAS EJES J',K',L'**  
 Esc: 1:25

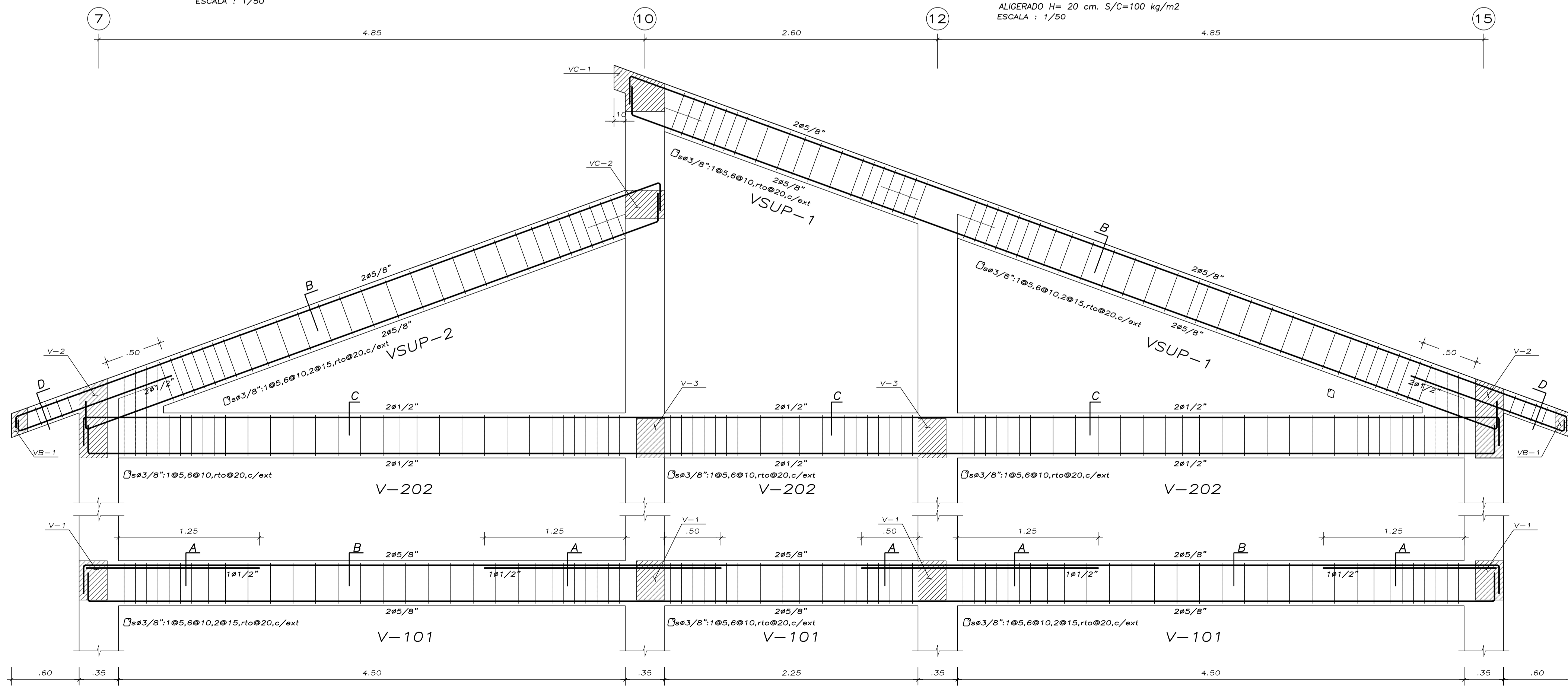
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
	PROYECTO: <b>PROBABILIDAD DE DAÑO SISMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021</b>			
	PLANO: <b>ENCOFRADO 2º PISO, VIGAS - MÓDULO A</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>			
REGION:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:	<b>E-03</b>
CAJAMARCA	CAJAMARCA	ASUNCIÓN	ABRIL 2022	
Bach. Ing. SANCHEZ CASANOVA CRISTIAN ROLANDO			ESCALA: 1:25, 1:50	



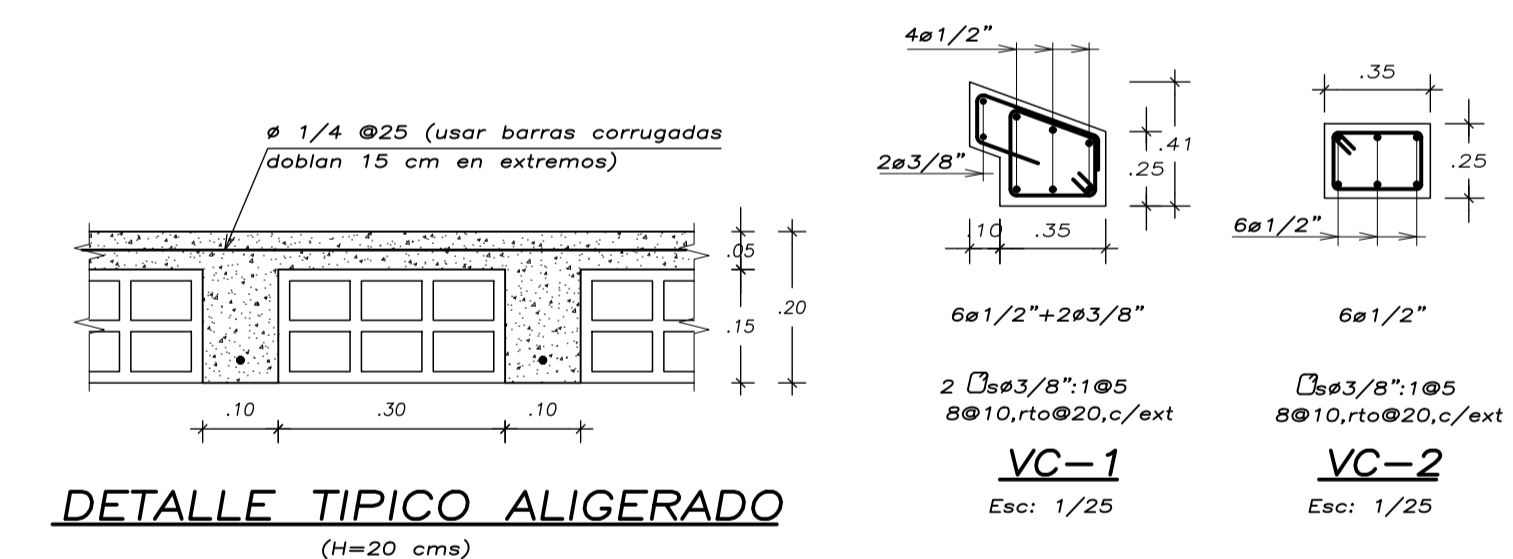
**ENCOFRADO 1° PISO-MÓDULO "B"**  
 ALIGERADO H= 20 cm. S/C=300 kg/m<sup>2</sup> (EN AMBIENTES), 400 kg/cm<sup>2</sup> (EN CIRCULACION)  
 ESCALA : 1/50



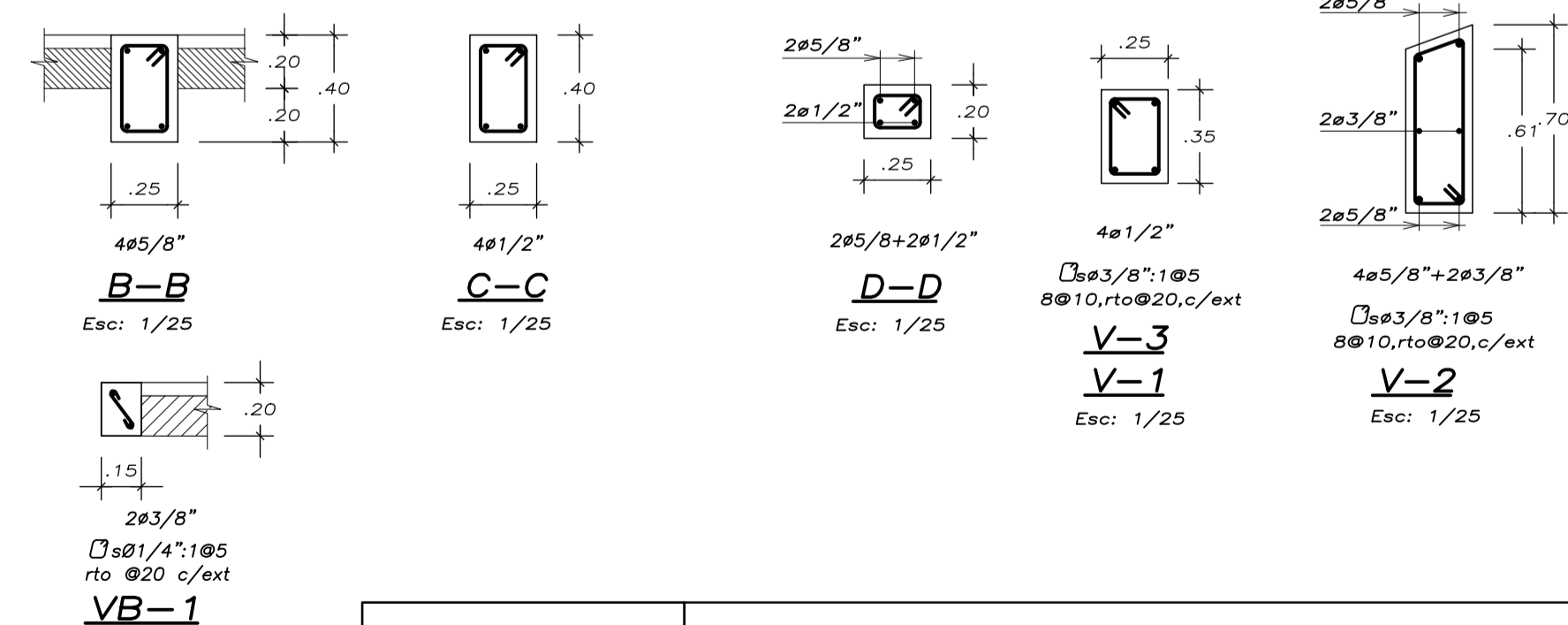
**ENCOFRADO 2° PISO-MÓDULO "B"**  
 ALIGERADO H= 20 cm. S/C=100 kg/m<sup>2</sup>  
 ESCALA : 1/50



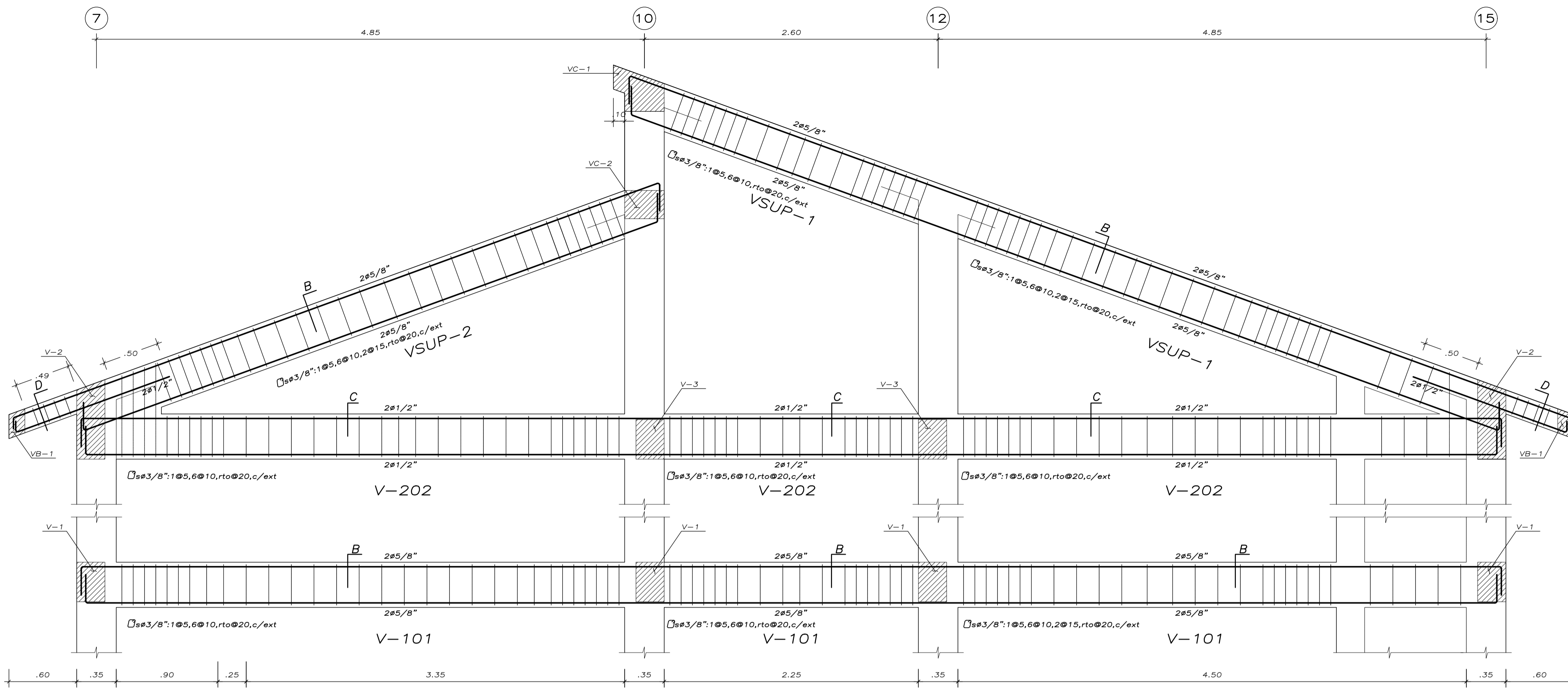
**VIGAS EJES C y D**  
 Esc: 1/25



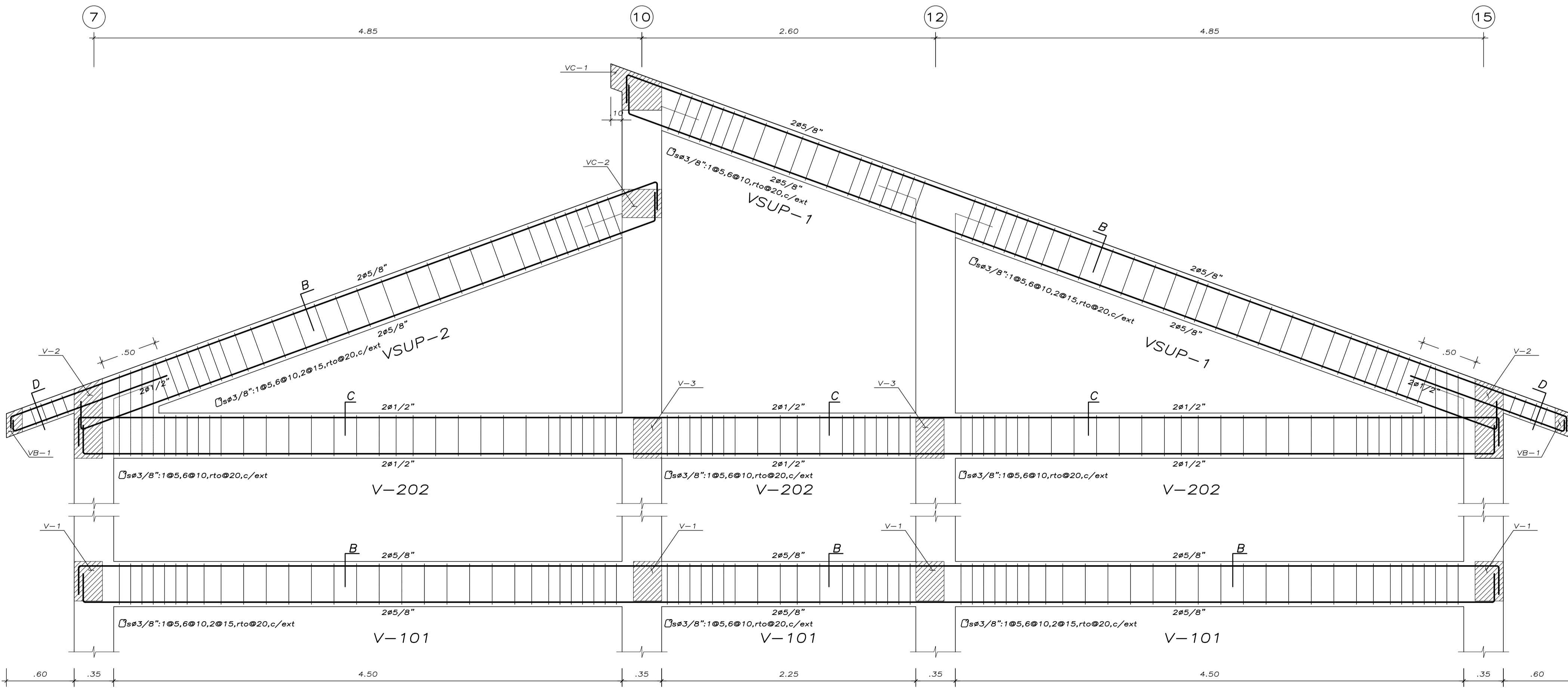
**DETALLE TÍPICO ALIGERADO**  
 (H=20 cms)



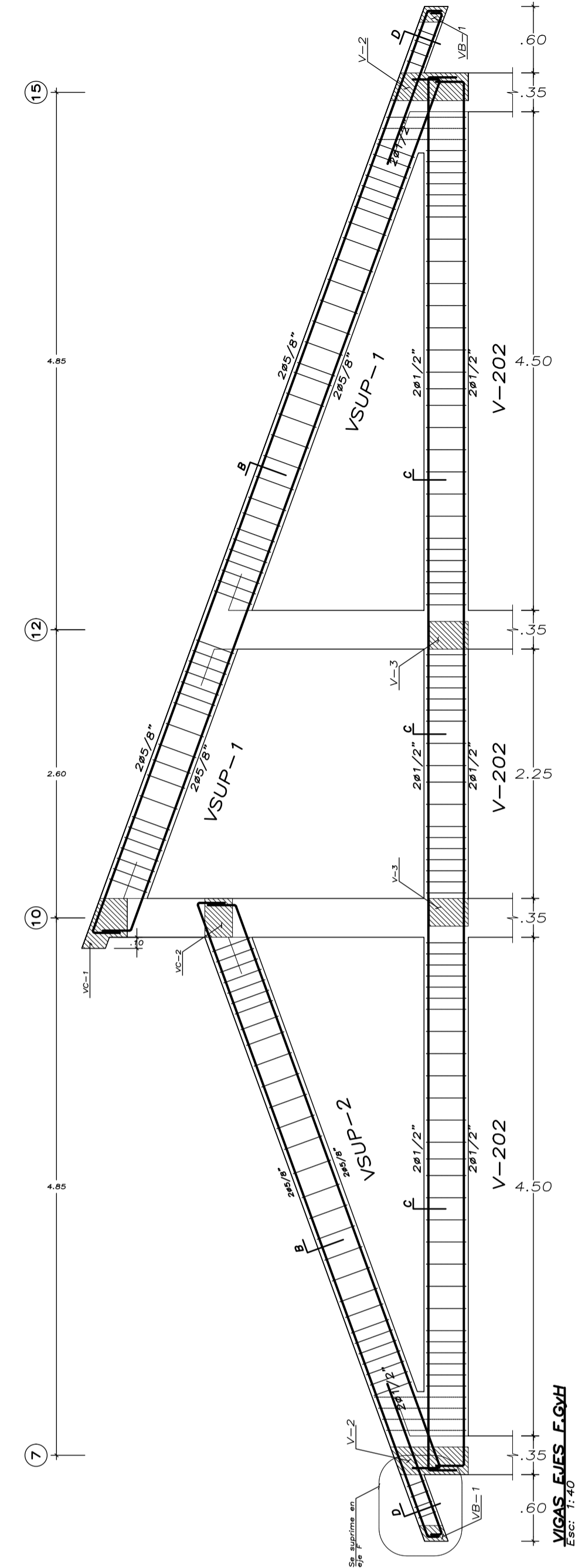
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
	PROYECTO: <b>PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021</b>			
	PLANO: <b>ALIGERADO 1° Y 2° PISO; VIGAS - MÓDULO B</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>			
REGION: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: ASUNCIÓN	FECHA: ABRIL 2022	<b>E-04</b>
TITULO: <b>Bach. Ing. SANCHEZ CASANOVA CRISTIAN ROLANDO</b>				
ESCALA: 1:25, 1:50				



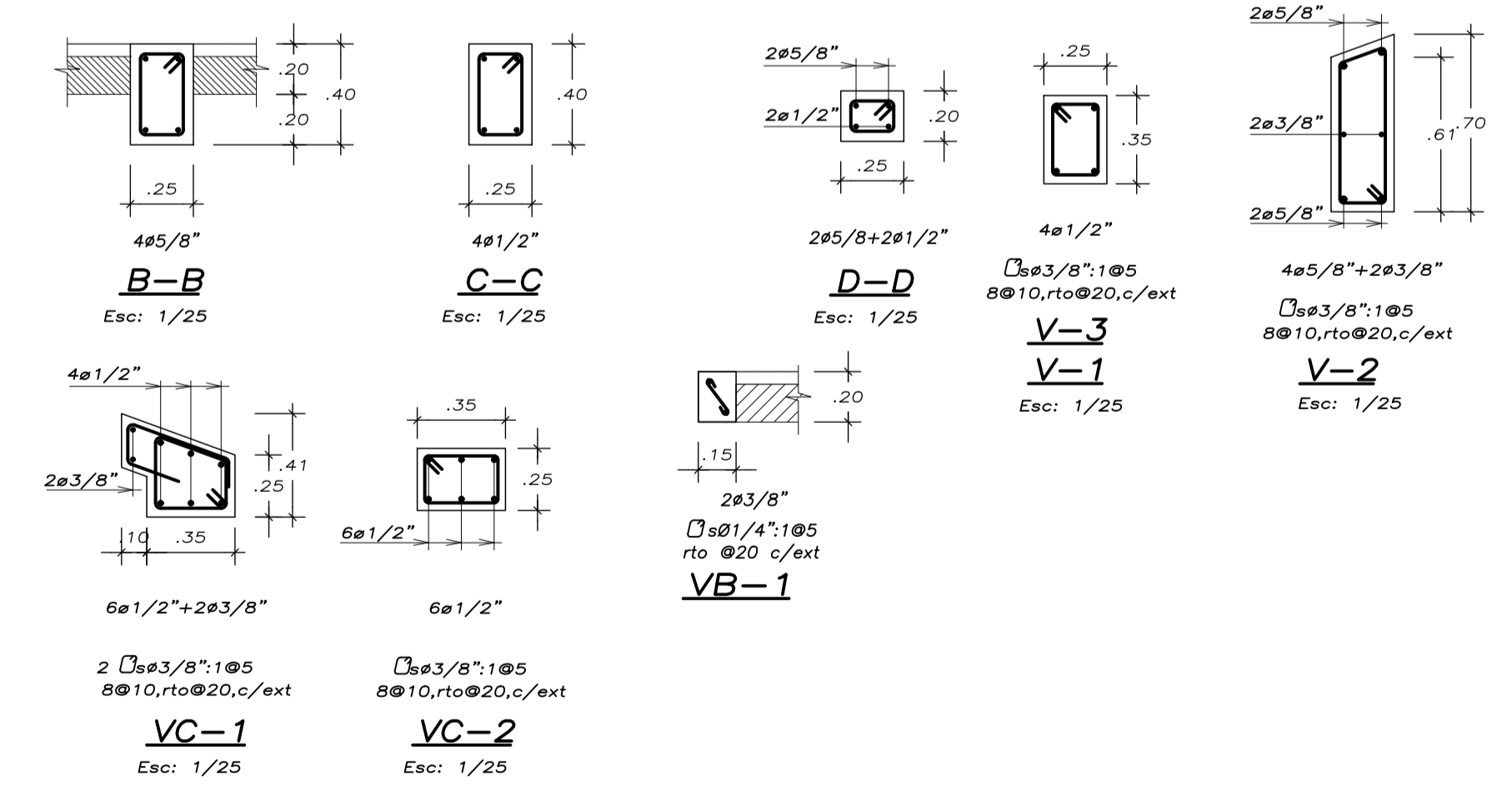
**VIGAS EJES A**  
Eso: 1:25



**VIGAS EJES B**  
Eso: 1:25



**VIGAS EJES F**  
Eso: 1:25



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
	PROYECTO: <b>PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO DE LOS MÓDULOS A Y B DEL CENTRO DE SALUD ASUNCIÓN-CAJAMARCA-2021</b>			
	PLANO: <b>VIGAS MÓDULO B</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>			
REGION: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: ASUNCIÓN	FECHA: ABRIL 2022	<b>E-05</b>
TITULO: Bach. Ing. SANCHEZ CASANOVA CRISTIAN ROLANDO			ESCALA: 1:25	